

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS DE SUPORTE
AO PROJETO E PLANEJAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

CARLOS AUGUSTO VIEIRA RORIZ

ORIENTADOR: ELEUDO ESTEVES JUNIOR

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM
ENGENHARIA CIVIL

BRASÍLIA/DF: DEZEMBRO/2016

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS DE SUPORTE AO
PROJETO E PLANEJAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

CARLOS AUGUSTO VIEIRA RORIZ

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

APROVADA POR:

**ELEUDO ESTEVES DE ARAUJO SILVA JUNIOR, MSc. (EnC-UnB)
(ORIENTADOR)**

**EVANGELOS DIMITRIOS CHRISTAKOU, DSc. (EnC-UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**CLAUDIA GURJAO, DSc. (EnC-UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: BRASÍLIA/DF, 09 DE DEZEMBRO de 2016.

FICHA CATALOGRÁFICA

RORIZ, CARLOS AUGUSTO VIEIRA

Ferramentas computacionais de suporte ao projeto e planejamento na construção civil.
[Distrito Federal] 2016.

xii, 88 p., 210x297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2016)

Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Computação gráfica

2. BIM

3. Projeto

4. Geoprocessamento

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

RORIZ, C. A. V. (2014). Ferramentas computacionais de suporte ao projeto e planejamento na construção civil. Monografia de Projeto Final, Publicação G.PF-xxxx/16, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 88 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Carlos Augusto Vieira Roriz

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Ferramentas computacionais de suporte ao projeto e planejamento na construção civil.

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2016

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Carlos Augusto Vieira Roriz

Rua T-27, número 575, Ed. West Plaza, Apartamento 801

Setor Bueno

74.210-030

Goiânia/GO - Brasil

“A mente humana raramente está satisfeita e, certamente, nunca está exercendo suas funções mais nobres quando está fazendo o trabalho de uma máquina de calcular”

(James Clerk Maxwell)

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus familiares por sua compreensão e suporte incondicionais durante minha jornada acadêmica, mesmo que longe de casa e com a saudade persistente durante todos esses anos.

Agradeço ao Dr. Paulo Garcia e toda sua família, que me acolheram nesta estranha nova cidade e foram de vital importância para minha adaptação e permanência nesta terra, na qual me fizeram sentir em casa e como parte de sua família.

Agradeço aos meus amigos e colegas de faculdade por seu companheirismo que ajudou a fazer o dia-a-dia passar voando, criando memórias das quais certamente ainda vou lembrar com muito saudosismo no futuro.

Agradeço aos autores referenciados neste projeto por emprestarem seu conhecimento sem o qual o mesmo não existiria.

Agradeço ao meu orientador de projeto final, Prof. Eleudo Esteves, por sua infindável paciência, compreensão e suporte ao longo da confecção deste projeto.

Agradeço aos professores da Universidade de Brasília como um todo pelas inestimáveis lições acadêmicas e de vida que, tenho certeza, serão imprescindíveis em meu futuro profissional e pessoal.

RESUMO

Em uma era em que barreiras para a adesão tecnológica estão cada vez menores, novas ferramentas computacionais têm surgido e sido aplicadas cada vez mais para auxiliar profissionais das mais diversas áreas das atividades humanas em seu trabalho. Na área de projetos e planejamento da construção civil não tem sido diferente, onde uma série de tecnologias tem transformado a paisagem do processo de planejamento, exigindo uma nova forma de pensar e agir um projeto. Busca-se, com isso, conferir maior eficiência e eficácia ao processo, agregando maior valor ao produto que será apresentado aos agentes intervenientes em questão e uma potencial vantagem competitiva em um mercado cada vez mais acirrado. Este projeto final de graduação buscou, dessa forma, examinar a conjuntura atual do processo de projeto e planejamento de empreendimentos do setor e apresentar uma série de ferramentas e tecnologias computacionais voltadas para tais aspectos de Engenharia Civil, demonstrando a interoperabilidade entre as mesmas e exemplificando seu uso através de alguns possíveis cenários comuns na vida de um profissional da área da indústria AEC (arquitetura, engenharia e construção). Além de cobrir algumas das ferramentas já consagradas pelo mercado, também foram apresentadas algumas tendências emergentes e projeções de possíveis futuros rumos para a área.

SUMÁRIO

Capítulo	Página
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS	1
1.2. ABRANGÊNCIA E LIMITAÇÕES	2
1.3. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. PROJETO NA INDÚSTRIA AEC	4
2.1.1. DEFINIÇÕES	4
2.1.2. CICLO DE VIDA	4
2.1.3. DESAFIOS	6
2.1.4. PANORAMA NO BRASIL	8
2.1.5. IMPORTÂNCIA	9
2.1.6. ENGENHARIA SIMULTÂNEA	11
2.1.7. PLANEJAMENTO	12
2.2. TECNOLOGIAS DE SUPORTE AO PROJETO E PLANEJAMENTO NA AEC	14
2.2.1. INFORMAÇÃO E TECNOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL	14
2.2.2. GEOPROCESSAMENTO	17
2.2.3. BIM (<i>BUILDING INFORMATION MODELING</i>)	18
2.2.4. FERRAMENTAS DE GERENCIAMENTO DE PROJETO E DE GERENCIAMENTO DE CICLO DE VIDA DE PRODUTO	20
2.2.5. REALIDADE VIRTUAL E REALIDADE AUMENTADA	21
2.2.6. BIG DATA	23
2.2.7. INTEGRAÇÃO NO CICLO PRODUTIVO	27
3. RECURSOS E MÉTODOS	31
3.1. RECURSOS	31
3.1.1. EQUIPAMENTO UTILIZADO	31
3.1.2. PROGRAMAS	31
3.1.3. DADOS	34
3.2. METODOLOGIA	45
3.2.1. PROCESSO 1.1 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO	46
3.2.2. PROCESSO 1.2 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO	47
3.2.3. PROCESSO 2.1 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO	48
3.2.4. PROCESSO 2.2 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO	49
3.2.5. PROCESSO 3.1 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO	49

3.2.6. PROCESSO 4.1 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO	50
3.2.7. PROCESSO 4.2 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO	51
3.2.8. PROCESSO 5.1 e 5.2 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO.....	53
3.2.9. PROCESSO 5.3 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO	54
3.2.10. PROCESSO 5.4 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO	55
3.2.11. PROCESSO 5.5 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO	56
3.2.12. PROCESSO 5.6 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO	57
3.2.13. PROCESSO 6.1 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO	57
3.2.14. PROCESSO 6.2 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO	58
3.2.15. PROCESSO 7.1 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO	59
3.2.16. PROCESSO 7.2 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO	60
 4. RESULTADOS	 62
4.1. PRODUTOS DA ESCALA ESPACIAL DO LOTEAMENTO	62
4.1.1. MAPA 2D ESTÁTICO E MAPA 2D ONLINE	62
4.1.2. MODELO 3D INTERATIVO DO INFRAWORKS	63
4.1.3. DASHBOARD INTERATIVA DO LOTEAMENTO	67
4.2. PRODUTOS DA ESCALA ESPACIAL DO DF	70
4.2.1. DASHBOARD INTERATIVA DO DF.....	70
 5. CONCLUSÕES.....	 81
5.1. CONCLUSÕES GERAIS.....	81
5.2. DIFICULDADES	82
5.3. OPORTUNIDADES FUTURAS	83
 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 85

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1 - Ciclo de vida de projeto (MATTOS, 2010).....	5
Figura 2 - Ciclo de vida de projeto (NOBRE, 1999 apud NASCIMENTO & SANTOS).....	5
Figura 3 – Agentes intervenientes na gestão do processo de projeto (Adaptado de SILVA & SOUZA, 2003)	7
Figura 4 – Histórico recente da indústria da construção civil no Brasil (NASCIMENTO & SANTOS, 2003).....	8
Figura 5 – Produtividade da Construção Civil comparada com outras indústrias (EUA) (Adaptado de TEICHOLZ, 2000 apud SANTOS;NASCIMENTO, 2003).....	9
Figura 6 – Avanço do empreendimento em relação à oportunidade de mitigar custos e falhas (HAMMARLUND;JOSEPHSON, 1992)	10
Figura 7 – Proposta alternativa de alocação de tempo e recursos financeiros no empreendimento com o maior foco dado a etapa de projeto (BARROS; MELHADO, 1997) 10	
Figura 8 – Grau de oportunidade da mudança (MATTOS, 2010)	13
Figura 9 – Janela da interface do software SPRING de geoprocessamento (RORIZ, 2016)... 18	
Figura 10 – Janela da interface do software Revit baseado em BIM (RORIZ, 2016)	20
Figura 11 – Interface do programa Microsoft Project 2013 de gerenciamento de projeto (RORIZ, 2016).....	21
Figura 12 – Modelo 3D de realidade virtual rodando pela engine Unity (RORIZ, 2016).....	22
Figura 13 – Modelo 3D de realidade aumentada feito no Metaio Creator e rodando em um smartphone (RORIZ, 2016)	23
Figura 14 – Estruturação da história da humanidade (FLORIDI, 2013).....	24
Figura 15 – Supercomputador Watson desenvolvido pela IBM e voltado para aplicações de machine learning e Big Data (IBM, 2014).....	27
Figura 16 – Mapa de divisas de RAs do DF usado para o PDAD (CODEPLAN, 2013)	36
Figura 17 – Mapa de divisas de Unidades Hidrológicas do DF (CODEPLAN, 2016).....	37
Figura 18 – Mapa de Cobertura do Solo do DF em 2015 (CODEPLAN, 2015)	38
Figura 19 – Ortofoto de 2016 da CODEPLAN (CODEPLAN, 2016).....	39
Figura 20 – Mapa de Escolas do DF (SEGETH, 2016)	40
Figura 21 – Mapa de sensibilidade a erosão no DF (SEGETH, 2016)	41
Figura 22 – Projeto do loteamento Quintas de Interlagos em CAD (RORIZ, 2016).....	42
Figura 23 – Modelo BIM em Revit das instalações prediais na edificação (RORIZ, 2016) ...	43
Figura 24 – Resumo dos dados utilizados em suas respectivas escalas espaciais de uso (RORIZ, 2016).....	44
Figura 25 – Fluxo de trabalho da metodologia separada em etapas e escalas espaciais (RORIZ, 2016).....	45
Figura 26 – Processo 1.1 – Fluxograma (RORIZ, 2016)	46

Figura 27 – Processo 1.1 – Intersecção de dados no ArcGIS (RORIZ, 2016).....	47
Figura 28 – Processo 1.2 – Fluxograma (RORIZ, 2016)	47
Figura 29 – Processo 1.2 – Exportação de dados como CSV (RORIZ, 2016).....	48
Figura 30 – Processo 2.1 – Fluxograma (RORIZ, 2016)	48
Figura 31 – Processo 2.2 – Fluxograma (RORIZ, 2016)	49
Figura 32 – Processo 3.1 – Fluxograma (RORIZ, 2016)	49
Figura 33 – Processo 3.1 – Intersecção de dados no FME Desktop com o “Spatial filter” (RORIZ, 2016).....	50
Figura 34 – Processo 4.1 – Fluxograma (RORIZ, 2016)	50
Figura 35 – Processo 4.1 – Modelo de dados estruturado em torno da RA como variável em comum central para posterior análise (RORIZ, 2016)	51
Figura 36 – Processo 4.2 – Fluxograma (RORIZ, 2016)	52
Figura 37 – Processo 4.2 – Página de montagem das dashboards interativas com suas opções de customizações de variáveis e visuais (RORIZ, 2016)	52
Figura 38 – Processos 5.1 e 5.2 – Fluxograma (RORIZ, 2016).....	53
Figura 39 – Processos 5.1 e 5.2 – Criação de atributos para elementos CAD no AutoCAD Map 3D com “Object data” (RORIZ, 2016)	53
Figura 40 – Processos 5.1 e 5.2 – Conversão de dados e geração dos subprodutos SIG com o FME (RORIZ, 2016)	54
Figura 41 – Processo 5.3 – Fluxograma (RORIZ, 2016)	55
Figura 42 – Processo 5.4 – Fluxograma (RORIZ, 2016)	55
Figura 43 – Processo 5.5 – Fluxograma (RORIZ, 2016)	56
Figura 44 – Modelo de dados em BI para os atributos dos lotes montado no Power BI (RORIZ, 2016)	56
Figura 45 – Processo 5.6 – Fluxograma (RORIZ, 2016)	57
Figura 46 – Processo 6.1 – Fluxograma (RORIZ, 2016)	57
Figura 47 – Janela de configuração dos estilos das camadas no QGIS (RORIZ, 2016).....	58
Figura 48 – Processo 6.2 – Fluxograma (RORIZ, 2016)	58
Figura 49 – Caixa de diálogo de configuração do QGIS2WEB (RORIZ, 2016).....	59
Figura 50 – Processo 7.1 – Fluxograma (RORIZ, 2016)	59
Figura 51 – Janela de configuração para marcação da posição geográfica do modelo no Revit (RORIZ, 2016)	60
Figura 52 – Processo 7.2 – Fluxograma (RORIZ, 2016)	60
Figura 53 – Janela de configuração da camada de edificações no Infraworks 360 (RORIZ, 2016).....	61
Figura 54 – Produto do mapa estático local do loteamento (RORIZ, 2016).....	62
Figura 55 – Produto do mapa 3D do Infraworks (RORIZ, 2016)	63
Figura 56 – Checagem para compatibilização de tubulações subterrâneas (RORIZ, 2016)....	64
Figura 57 – Vista observada de dentro do quarto do modelo BIM (RORIZ, 2016)	64
Figura 58 – Detalhe da incidência solar no quarto em certa data e hora do dia (RORIZ, 2016)	65
Figura 59 – Área de alta declividade em vermelho (RORIZ, 2016)	65
Figura 60 – Hipsometria para delimitação de zonas de pressão (RORIZ, 2016).....	66

Figura 61 – Análise de orientação de vertentes (RORIZ, 2016).....	66
Figura 62 – Quantidade de lotes existentes que atendem aos critérios estabelecidos para a construção de uma nova edificação dentro do loteamento (RORIZ, 2016).....	67
Figura 63 – Nível de ocupação superficial das edificações nos lotes (RORIZ, 2016).....	68
Figura 64 – Dashboard anterior sendo visualizada em um navegador da web (RORIZ, 2016)	69
Figura 65 – Dashboard anterior sendo visualizada em um aplicativo UWP (RORIZ, 2016)..	69
Figura 66 – Distribuição de variáveis em relação a categoria e unidade de pesquisa nos dois anos da PDAD (RORIZ, 2016)	71
Figura 67 – Áreas e perímetros das RAs no DF (RORIZ, 2016).....	72
Figura 68 – Áreas das RAs em termos de sensibilidade a erosão e tipo de cobertura do solo (RORIZ, 2016)	72
Figura 69 – Áreas das RAs em termos de sensibilidade a erosão em áreas construídas (RORIZ, 2016)	73
Figura 70 – Áreas do DF em termos de sensibilidade a erosão e tipo de cobertura do solo (RORIZ, 2016)	74
Figura 71 – Áreas do DF em termos de cobertura do solo em uma série temporal de 1984 a 2015 (RORIZ, 2016)	74
Figura 72 – Áreas do Jardim Botânico com área construída em uma série temporal de 1984 a 2015 (RORIZ, 2016)	75
Figura 73 – Áreas do DF em termos de cobertura do solo em uma série temporal de 1984 a 2015 (RORIZ, 2016)	76
Figura 74 – Número de domicílios com certas características de infraestrutura por RA (RORIZ, 2016)	77
Figura 75 – Distribuição da população no DF por RA (RORIZ, 2016).....	78
Figura 76 – Distribuição populacional de cada sexo por RA e faixa etária (RORIZ, 2016) ...	79
Figura 77 – Distribuição de renda por sexo, RA, ano e faixa etária (RORIZ, 2016).....	79
Figura 78 – RAs de deslocamento de moradores para fins de trabalho e estudo (RORIZ, 2016)	80

LISTA DE TABELAS

Quadro/Tabela	Página
Tabela 1 - Quantidade de entradas de dados por unidade de pesquisa e ano	34
Tabela 2 - Quantidade de variáveis de análise por tipo de variável e unidade de pesquisa	35
Tabela 3 – Camadas de dados de pontos de interesse público	39
Tabela 4 – Categorias de camadas de desenho presentes nos arquivos CAD do loteamento ..	42

LISTA DE SIGLAS

SIGLA

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

BI – *Business Intelligence*

BIM – Building Information Modeling (Modelagem da Informação da Construção)

CAD – *Computer Aided Design* (Desenho Assistido por Computador)

CODEPLAN – Companhia de Planejamento do Distrito Federal

CPM – *Critical Path Method* (Método do Caminho Crítico)

DARPA – *Defense Advanced Research Projects Agency* (Agência de Projetos de Pesquisa Avançada de Defesa)

DF – Distrito Federal

EAP – Estrutura Analítica de Projeto

ETL – *Extract, Transform and Load* (Extrair, transformar e carregar)

NIST – *National Institute of Standards and Technology* (Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia)

NSA – *National Security Agency* (Agência de Segurança Nacional)

PDAD – Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios

PERT – *Program Evaluation and Review Technique*

PLM – *Product Lifecycle Management* (Gerenciamento de Ciclo de Vida de Produto)

RA – Região administrativa do Distrito Federal

SEGETH – Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação

TI – Tecnologia da Informação

TIC – Tecnologia da Informação e Comunicação

UWP – *Universal Windows Platform*

1. INTRODUÇÃO

A monografia de projeto final de curso foi desenvolvida como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil da Universidade de Brasília, sob a orientação do Prof. Eleudo Esteves Junior.

O projeto traz, inicialmente, uma análise do papel e importância do processo de projeto e planejamento dentro da indústria AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção) e a situação da mesma no Brasil. Dada essa relevância mencionada, se apresentará algumas das principais ferramentas computacionais de auxílio ao projeto e planejamento dentro da indústria, fazendo uma análise geral das mesmas em termos de suas potencialidades e limitações dentro de tal contexto. Levantadas tais ferramentas, então, se apresentará os potenciais usos e formas de integrações destas dentro do ciclo produtivo da indústria AEC.

Após a abordagem teórica dos possíveis empregos destes instrumentos computacionais, será demonstrada uma metodologia para o uso prático de algumas destas ferramentas em um contexto real de planejamento para projeto. Tal caracterização empírica, então, evidenciará o fluxo de trabalho para a integração destes instrumentos selecionados para a análise de diferentes fontes de dados, a partir dos quais se extrairá uma série de informações que auxiliará na tomada de decisões para o processo de projeto e planejamento para diferentes escalas espaciais, etapas do ciclo produtivo e agentes intervenientes da construção civil.

Extraídas as informações, se apontará as conclusões gerais relacionadas ao fluxo de trabalho integrado das ferramentas proposto, evidenciando as dificuldades e limitações relacionados ao seu emprego e seus usos potenciais futuros.

1.1. MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS

O macrossetor da Construção Civil possui um importante papel sócio-econômico no contexto brasileiro, apresentando uma participação de cerca de 5,6% do total dos salários pagos a trabalhadores, 9% do pessoal ocupado e em torno de 19% do PIB brasileiro (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2002 *apud* NASCIMENTO & SANTOS, 2003). O setor, entretanto, se trata de um dos menos desenvolvidos e tradicionais na indústria brasileira e mundial (NASCIMENTO & SANTOS, 2003).

Este cenário, por sua vez, é sintomático de um quadro de baixa difusão de tecnologias no ambiente de graduação acadêmico, que é de onde sai a maior parte da força de trabalho técnico do setor. Em uma pesquisa feita entre 119 escolas de construção nos EUA, por exemplo, apenas 9% delas ensinavam BIM na graduação, sendo que dentre os principais obstáculos apontados estavam a falta de tempo ou recursos para desenvolver um novo currículo, falta de espaço no currículo para incluir novas matérias, falta de materiais específicos para ensinar BIM, defasagem do *hardware* da instituição e o elevado custo de *software* (SABONGI, 2009 *apud* BARISSON & SANTOS, 2011).

Apesar dessa conjuntura, o contexto atual de globalização e crescentes pressões de um mercado cada vez mais acirrado tem pressionado o mesmo a uma alteração desse quadro, sendo que para tal a utilização da Tecnologia da Informação (TI) tende a desempenhar um importante papel no processo de projeto. Nascimento *et al.* (2003) aponta que, dado o tamanho do setor da construção civil, seu aspecto de uso intensivo da informação e a atual debilidade de comunicação e baixa produtividade, os benefícios da integração da TI ao setor seriam enormes, fazendo o uso de ferramentas como CAD-4D, edifícios virtuais e aplicações de inteligência artificial, lógica *fuzzy*, redes neurais e realidade virtual, dentre outros.

Nascimento *et al.* (2003), dessa forma, aponta que uma das formas de se solucionar a defasagem tecnológica do mercado da construção a longo prazo seria a reformulação da grade curricular das universidades, “dando maior ênfase nas aplicações de TI para os futuros profissionais”.

Este projeto final busca, então, prover os fundamentos teóricos básicos de algumas das mais proeminentes ferramentas computacionais de suporte ao projeto e planejamento que normalmente não são abordadas com muita ênfase na graduação, bem como as possíveis integrações entre as mesmas e suas aplicações práticas potenciais dentro do ciclo produtivo da indústria em uma futura carreira profissional na área. Para isto, anteriormente, ainda, será feita uma análise geral da conjuntura do processo de projeto e planejamento na indústria da construção civil para melhor entender o contexto no qual tais ferramentas serão usadas e compreender sua importância e seu papel nesse cenário.

1.2. ABRANGÊNCIA E LIMITAÇÕES

O projeto final em questão busca, inicialmente, avaliar os desafios encontrados pela construção civil em sua estruturação como uma indústria, evidenciando o panorama da mesma no Brasil e o importante papel desempenhado pelo planejamento no processo de projeto da mesma para se

superar tais desafios e como certas ferramentas computacionais podem oferecer suporte a este processo. O mesmo não busca, então, analisar técnicas de processo de projeto e planejamento, sendo a abordagem destes tópicos de um ponto de vista mais sistêmico, que servirá de base para compreender o contexto no qual os instrumentos computacionais abordados serão aplicados.

Este projeto final, posteriormente, busca fazer uma análise mais geral das ferramentas computacionais nele discutidas, salientando formas de se integrar as mesmas e seus empregos potenciais dentro da construção civil para uma melhor tomada de decisões e consequente otimização do ciclo produtivo desta indústria. Dentro deste tópico das ferramentas de suporte, então, apenas algumas das tecnologias são selecionadas para serem abordadas, já que esta é uma área extremamente vasta. Na discussão das mesmas, sua exposição é mais introdutória e não entra em pormenores técnicos de formatos, padrões tecnológicos e o estado da arte das tecnologias, dado a constante evolução e transformação dos mesmos, que os torna rapidamente datados. Na determinação do fluxo de trabalho de integração, também, não se entra em muitos detalhes acerca dos passos tomados em cada programa, dando apenas uma ideia geral das ações realizadas, uma vez que sua descrição completa seria demasiadamente extensa e caso se opte pelo uso de programas alternativos, tal detalhamento seria inutilizado.

1.3. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

No trabalho de Projeto Final 1, primeiramente, se apresentou uma revisão bibliográfica do tema dividida em duas etapas:

- I. Discussão da conjuntura do processo de projeto e planejamento dentro da construção civil, evidenciando sua estrutura, desafios, importância, panorama atual e tendências;
- II. Discussão sobre as tecnologias de suporte ao projeto e planejamento anteriormente debatidos, primeiramente de forma individualizada e, em seguida, de forma integrada dentro do ciclo de vida de um empreendimento, evidenciando suas potencialidades e limitações.

Neste trabalho de Projeto Final 2, por sua vez, buscou-se criar em sua metodologia um exemplo de fluxo de trabalho que englobe algumas das tecnologias de suporte discutidas, focando na parte de análise de dados de *big data* e geoprocessamento. Criado este fluxo de trabalho, se obteve um conjunto de produtos que auxiliam no processo de tomada de decisões no processo de projeto e planejamento para então contornar algumas das limitações e dificuldades dentro do setor da construção civil anteriormente discutidas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. PROJETO NA INDÚSTRIA AEC

2.1.1. DEFINIÇÕES

Dependendo do contexto onde é empregado, o termo projeto pode possuir diferentes interpretações que melhor se adapta a ele. Na indústria AEC (arquitetura, engenharia e construção), o termo projeto é normalmente associado à noção de um plano geral de construção de algum elemento, que inclui plantas e cortes que orientam o processo construtivo, assim como a NBR 13.531 (1995) define a elaboração de um projeto como a “determinação e representação prévias do objeto (urbanização, edificação, elemento da edificação, instalação predial, componente construtivo, material para construção) mediante o concurso dos princípios e das técnicas próprias da arquitetura e da engenharia”. A NBR 5670 (1977), de modo análogo, classifica o termo como a “definição qualitativa e quantitativa dos atributos técnicos, econômicos e financeiros de um serviço ou obra de engenharia e arquitetura, com base em dados, elementos, informações, estudos, discriminações técnicas, cálculos, desenhos, normas, projeções e disposições especiais”. Pomeranz (1988), ainda, na mesma linha, avalia projeto como “um conjunto sistemático de informações que serve de base para a tomada de decisões relativas à alocação de um certo montante de recursos”.

Na definição de projeto, Mattos (2010), por sua vez, ressalta a acepção gerencial que esse termo pode adquirir e que o PMBok (2008) classifica como “um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo”. Dinsmore (1992, *apud* PERALTA, 2008), analogamente, define projeto como um “empreendimento com começo e fim definidos, dirigido por pessoas, para cumprir metas estabelecidas dentro de parâmetros de custo, tempo e qualidade”.

A partir desta ampla gama de diferentes significados que projeto pode adquirir, então, é possível verificar sua relação intrínseca com o contexto geográfico e temporal, tornando este um reflexo da metamorfose cultural que a indústria passa para se adaptar às diferentes realidades construtivas pela qual passa em seu processo evolutivo.

2.1.2. CICLO DE VIDA

Dentro da concepção de projeto como empreendimento, Mattos (2010) segmenta estes em quatro estágios:

- I. Concepção e viabilidade;
- II. Detalhamento do projeto e do planejamento;
- III. Execução;
- IV. Finalização.

Tais estágios, por sua vez, segundo o autor, se relacionam com o cronograma físico do projeto da seguinte forma:

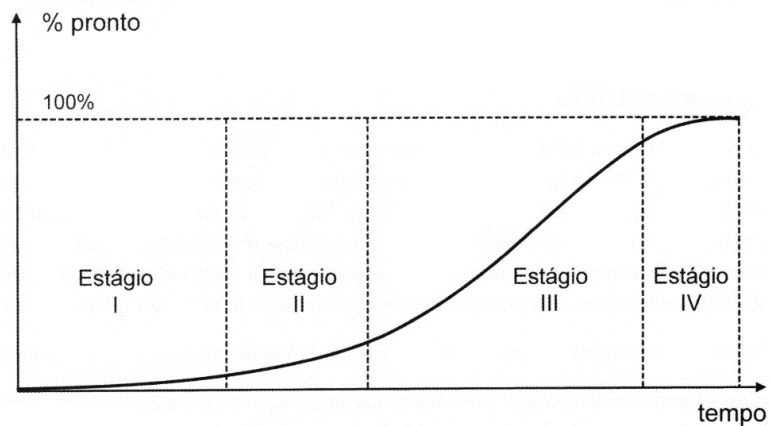


Figura 1 - Ciclo de vida de projeto (MATTOS, 2010)

Nobre (1999, *apud* NASCIMENTO & SANTOS, 2003), por sua vez, oferece uma diferente perspectiva quanto a segmentação da estrutura de um projeto, categorizando-o em seu ciclo de vida nas etapas apresentadas abaixo que se relacionam dentro do cronograma financeiro da obra como visto na figura a seguir:

- I. Planejamento;
- II. Programação;
- III. Execução;
- IV. Verificação;
- V. Manutenção.

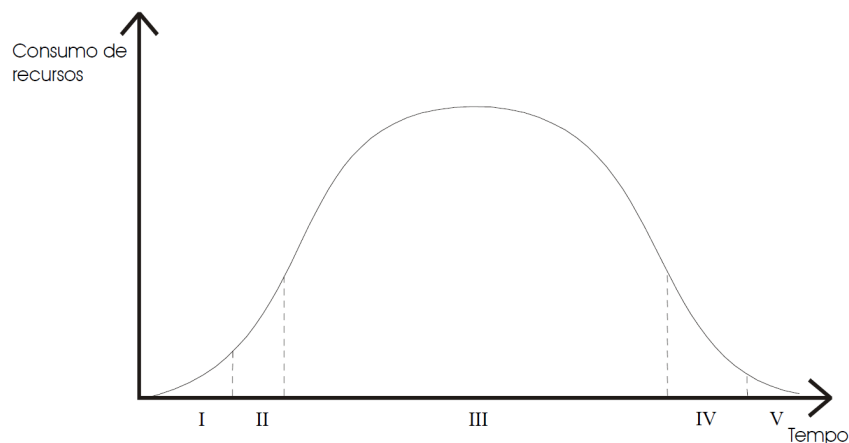


Figura 2 - Ciclo de vida de projeto (NOBRE, 1999 *apud* NASCIMENTO & SANTOS)

Assim como na definição de projeto, a sua caracterização em seu ciclo de vida também pode encontrar variações dependendo do autor e sua visão analítica da conjuntura construtiva dentro do contexto por ele observado. A partir das diferentes perspectivas apresentadas, então, e a partir de um ponto de vista mais comercial e prático do empreendimento, optou-se por segmentar o ciclo de vida de projeto no qual posteriormente serão analisadas as ferramentas computacionais de suporte a este da seguinte forma:

- Demanda: análise de possibilidades de investimento em necessidades ainda não supridas pelo mercado.
- Concepção: visão geral das possibilidades sobre o produto, necessário para a comunicação das intenções aos agentes intervenientes;
- Venda: supressão das necessidades mostradas pelo mercado;
- Projeto: diretivas de procedimentos necessários para a manufatura do produto;
- Execução: aplicação das diretivas explicitadas em projeto;
- Entrega/Uso/Manutenção: Consumo do produto segundo suas especificações de projeto e eventuais reparos para manter o desempenho adequado da construção;
- Auto avaliação: análise do encadeamento produtivo, sendo posteriormente retroalimentado no processo para planejamentos futuros.

2.1.3. DESAFIOS

A partir dessa outra faceta semântica que o termo projeto carrega, Mattos (2010) apresenta algumas características importantes de um projeto de construção que distingue este de outras atividades industriais e o torna particularmente desafiador, que são sua temporariedade e unicidade. Geradora de uma grande especificidade produtiva, esta se manifesta basicamente devido a sua fixação geográfica e sua inerente complexidade de produção que resulta, respectivamente, na necessidade de soluções personalizadas tanto para a logística de insumos e canteiro de obras devido a mobilidade da linha de produção quanto para o dimensionamento do projeto devido a grande variabilidade dos fatores técnicos e sociais vinculados as especificidades dos requisitos gerados por cada diferente localidade.

Em uma conjuntura complexa de integração de vários agentes dentro do projeto, Silva e Souza (2003), dessa forma, destacam o caráter compartilhado da tomada de decisões dentro do processo de projeto (como mostrada por ele na figura a seguir), as quais produzem um impacto

direto na qualidade, custo e produtividade da obra. A NBR 5671 (1990) nesse aspecto, por sua vez, ajudar a esclarecer essas relações estabelecendo as “condições exigíveis de participação dos intervenientes (*“stakeholders”* em inglês) em serviços e obras de engenharia e arquitetura, definindo suas responsabilidades e prerrogativas, visando garantir características adequadas aos empreendimentos”.

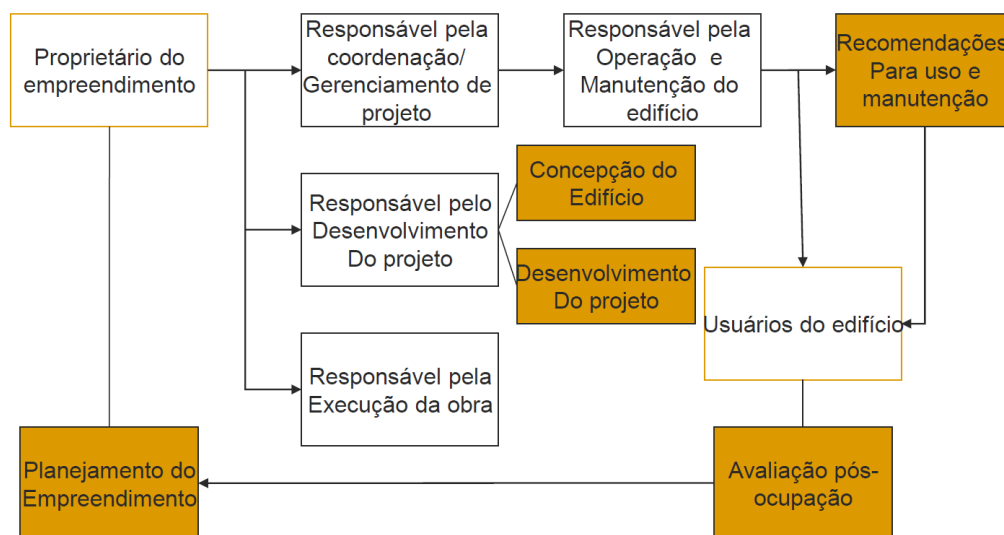


Figura 3 – Agentes intervenientes na gestão do processo de projeto (Adaptado de SILVA & SOUZA, 2003)

Dentro do contexto apresentado, então, Andery e Rezende (2008) avaliam que a complexidade resultante dessa vasta área de atuação, da variabilidade dos fatores ambientais e da reunião de diversas áreas do conhecimento dentro de um mesmo empreendimento tem como consequência a alta possibilidade para o surgimento de entraves cujas soluções são, em muitos casos, únicas.

Agregando-se a este intrincado cenário produtivo, no processo de projeto tradicional no qual a maior parte da construção civil brasileira se encontra, há a prevalência de uma cultura antiquada de encadeamento serial com alta fragmentação, baixa comunicação e pouca capacidade de adaptabilidade. Geram-se, com isso, várias complicações como grande número de conflitos entre soluções, a ausência de soluções integradas, o baixo nível de comprometimento com o resultado, dissociações com a realidade construtiva, soluções sem resultado econômico e altos índices de retrabalho com falhas constantes nas revisões dos desenhos. Obtém-se, por fim, gargalos causadores de desperdícios que repercutem negativamente na qualidade dos produtos gerados e na eficiência da construção, fazendo com que problemas de projeto e concepção representem de 46% a 58% dos problemas patológicos nas edificações (MELHADO, 1994; FABRICIO, 2002) e com que se produza uma quantidade média de resíduos de construção e demolição

que chega a mais de 50% do valor em massa da totalidade de resíduos sólidos urbanos gerados no Brasil (ANGULO *et al.*, 2003).

2.1.4. PANORAMA NO BRASIL

A cultura tradicional e conservadora de projeto tradicional da construção civil, no Brasil, em particular, se deve a uma série de fatores sociais, econômicos e políticos herdados do passado, mas que ainda persistem nesse meio. Dentre tais, vale destacar a questão de que até o fim da década de 1970 o Estado ter investido pesadamente nessa indústria sem requisitar qualquer controle de qualidade para o setor, fazendo com que as companhias não buscassem inovar (NASCIMENTO & SANTOS, 2003). Outro fator seria o fato de que no setor essas inovações se dão ao longo de anos (TOLEDO *et al.*, 2000 *apud* NASCIMENTO & SANTOS, 2003), fato este agravado pela alta falta de qualificação da mão de obra, que é em grande parte semi-analfabeta, dificultando, assim, a implementação de inovações em níveis básicos (NASCIMENTO & SANTOS, 2003). Mesmo assim, até nas altas hierarquias, entretanto, ainda costuma-se adotar métodos de gestão ultrapassados (MELHADO, 2001 *apud* NASCIMENTO & SANTOS, 2003).

No período mais recente da história do Brasil, em seu contexto de privatizações de empresas estatais, globalização, flutuação cambial, menor intervencionismo estatal na economia, exigência de programa de qualidade por parte do governo, aumento da competitividade e diminuição dos riscos, porém, Nascimento & Santos (2003) destaca que o setor da construção civil ainda não conseguiu se igualar ao nível de qualidade, produtividade e eficiência de outros setores da indústria.

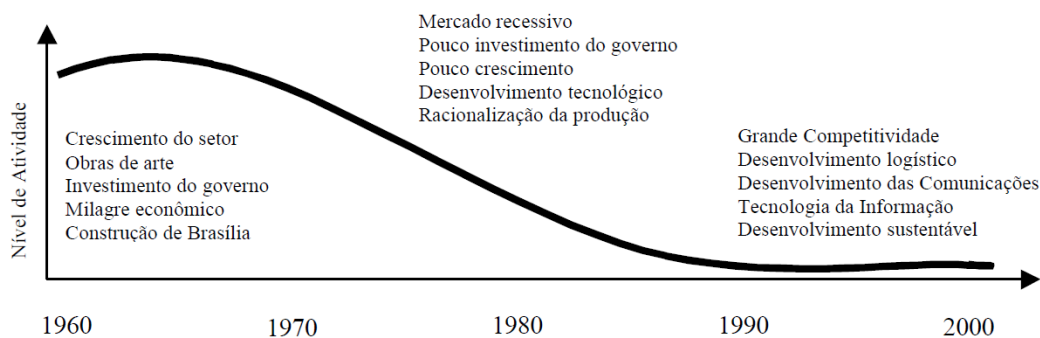


Figura 4 – Histórico recente da indústria da construção civil no Brasil (NASCIMENTO & SANTOS, 2003)

Ilustrando essa conjuntura anteriormente relatada, é possível ver na figura a seguir os índices de produtividade do setor nos EUA, que, na falta de índices de produtividade disponíveis no

Brasil, serve como base comparativa para uma desigualdade que deve ser ainda mais acentuada no Brasil (NASCIMENTO & SANTOS, 2003).

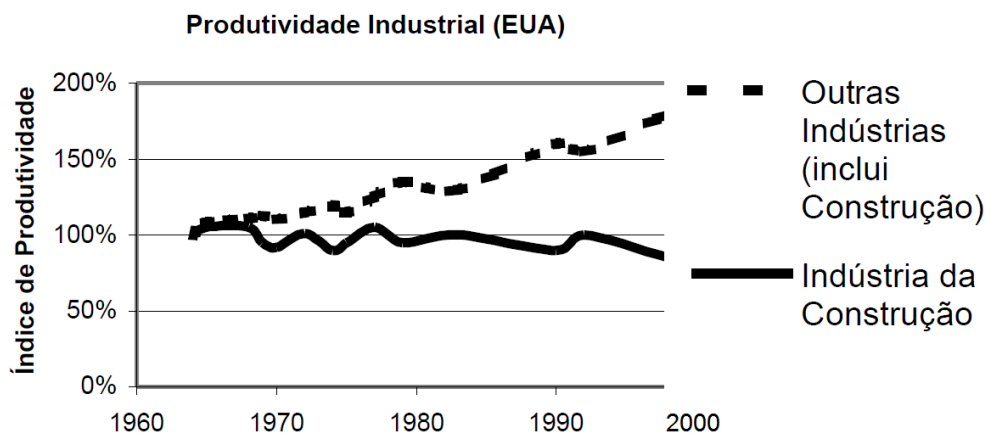


Figura 5 – Produtividade da Construção Civil comparada com outras indústrias (EUA) (Adaptado de TEICHOLZ, 2000 *apud* SANTOS;NASCIMENTO, 2003)

2.1.5. IMPORTÂNCIA

Segundo Peralta (2002), o projeto tem sofrido uma significativa evolução conceitual que amplia seu escopo e altera seu valor no contexto do processo construtivo. Nesse contexto, o autor ainda salienta que a crescente preocupação com a elaboração do projeto se deve a esta ser considerada uma das principais fontes de melhoria de desempenho, diminuição de custos de produção, diminuição de falhas e otimização da execução.

Dentro do mesmo enfoque, Franco (1992 *apud* PERALTA, 2002) considera o projeto como a fase onde as decisões tomadas “trazem maior repercussão nos custos, velocidade e qualidade dos empreendimentos”, além de ser a fonte da maior parte dos problemas patológicos de construções. Barros e Dornelles (1991), de forma análoga, ressaltam a relevância da tomada de decisões na fase de projeto, que facilita a tomada de decisões subjetivas ao longo da execução por parte de pessoas não qualificadas ou capacitadas para isso.

Para Hammarlund & Josephson (1992), deve-se tomar as decisões para corte de custos e de falhas na construção durante as fases iniciais do empreendimento, conforme a figura a seguir.



Figura 6 – Avanço do empreendimento em relação à oportunidade de mitigar custos e falhas (HAMMARLUND; JOSEPHSON, 1992)

Apesar dos benefícios apontados sobre a tomada de decisões antecipadas que a execução adequada do projeto fornece, Barros (1996) aponta que o empreendedor muitas vezes o vê como um ônus, uma despesa indesejada que deve ser reduzida ao máximo uma vez que os recursos necessários para sua elaboração são escassos durante esse período antes da aprovação do projeto junto aos órgãos competentes.

Barros e Melhado (1997), dessa forma, propõem uma alocação maior de tempo e recursos financeiros às fases de projeto, assim como mostrado no gráfico abaixo, para tentar evitar as deficiências e os desperdícios comuns na fase de execução e melhorar o desempenho do produto final. Busca-se, com isso, obter um menor gasto nas fases subsequentes ao projeto.

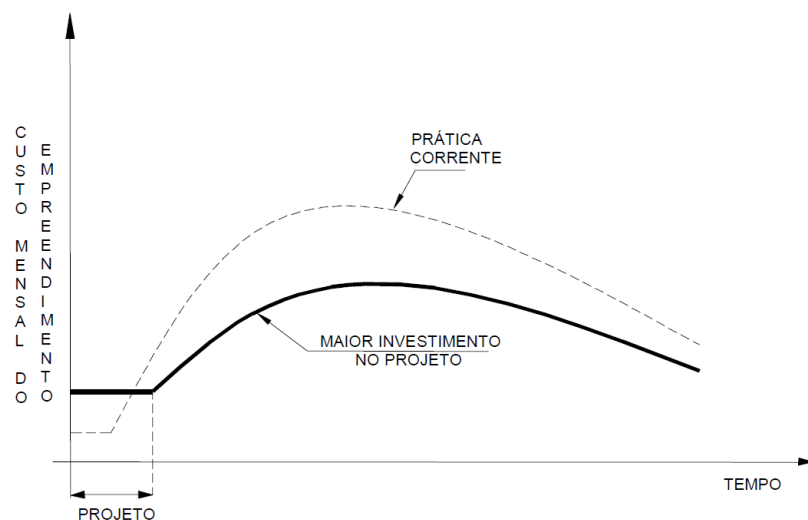


Figura 7 – Proposta alternativa de alocação de tempo e recursos financeiros no empreendimento com o maior foco dado a etapa de projeto (BARROS; MELHADO, 1997)

2.1.6. ENGENHARIA SIMULTÂNEA

Rozenfeld (2006) aponta que o aumento da complexidade do cenário tecnológico, econômico, social e de regulamentação intensificou o nível de exigências que guiam o foco do processo de projetos para uma abordagem que prioriza o desenvolvimento integrado de produtos. Rezende e Andery (2008), ainda, destacam que a transição desse enfoque sequencial para o integrado levou a “alteração da estrutura organizacional das empresas, investimentos em tecnologia e integração em todos os níveis” e proporcionou uma capacidade de antecipar com maior precisão eventos e aspectos inerentes à atividade produtiva. A migração do projeto sequencial para o integrado e multidisciplinar é uma das bases da Engenharia Simultânea (*Concurrent Engineering*), na qual etapas do empreendimento são desenvolvidas de forma simultânea, tendo, então, ganhos em prazo, reduzindo retrabalho e aumentando a qualidade do produto, além de estabelecer uma via de comunicação mais eficiente entre os agentes intervenientes (CASAROTTO; FÁVERO; CASTRO, 1999 *apud* REZENDE & ANDERY, 2008).

Quanto às origens da Engenharia Simultânea, Rezende e Andery (2008) apontam suas raízes no estudo publicado pelo DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency* ou Agência de Projetos de Pesquisa Avançada de Defesa dos EUA) através dos trabalhos de 1988 por Winner *et al.* Segundo tais autores, a Engenharia Simultânea se trata de uma abordagem sistemática para o desenvolvimento paralelo e integrado de um produto e os processos relacionados a este. Tal abordagem, com isto, faz os agentes envolvidos no processo avaliarem, desde o início, todos os aspectos do ciclo de vida do produto, desde a concepção ao descarte, incluindo custo, qualidade, requisitos dos clientes e prazos (WINNER *et al.*, 1988 *apud* KHALFAN; ANUMBA, 2000). Para Hartley (1998 *apud* REZENDE & ANDERY, 2008), por sua vez, a Engenharia Simultânea se trata de uma abordagem sistêmica surgida em alternativa ao sistema produtivo sequencial e em resposta à necessidade de obtenção de maior qualidade, flexibilidade e integração de sistemas e atividades.

A partir das perspectivas expostas pelos autores anteriormente citados, pode-se então resumir que a Engenharia Simultânea consiste em uma abordagem mais holística do processo produtivo com sua paralelização de desenvolvimento dos projetos e do processo de produção, focando-se na coordenação, compatibilização e comunicação das informações entre os diversos integrantes da cadeia produtiva. Busca-se, com isso, uma maior racionalização da produção com a redução de retrabalho, desperdício de materiais e otimização geral do uso dos insumos, levando a redução de custo, maior produtividade e aumento na qualidade.

Rezende e Andery (2008) apontam que no caso do setor da construção, a Engenharia Simultânea apresenta-se como “instrumento de grande potencial para promover a melhoria de fatores críticos tais como a fragmentação do processo de projeto, a baixa qualidade verificada nos produtos e serviços, além de possibilitar a redução de prazos e custos dos empreendimentos”. Para isso, entretanto, necessita-se a correta adaptação dos modelos e ferramentas desenvolvidos em outros setores industriais, como o de manufatura e tecnologia da informação, para as necessidades da indústria da construção (KHALFAN; ANUMBA, 2000 *apud* REZENDE & ANDERY, 2008). É possível, ainda, que a prática de novos processos da indústria da construção civil com base nos princípios da Engenharia Simultânea leve à superação de problemas como a dissipação das informações vitais para cada fase do ciclo de vida dos empreendimentos (REZENDE & ANDERY, 2008).

Apesar de todos os grandes potenciais benefícios que essa nova forma de processo de projeto pode apresentar, Rezende e Andery (2008) ressaltam que a implantação dela pode ser um tanto complexa, uma vez que deve alcançar a organização como um todo, demandando também o rompimento de paradigmas relacionados à estrutura, cultura e gestão organizacional.

2.1.7. PLANEJAMENTO

Dentro do contexto da nova realidade construtiva que a Engenharia Simultânea apresenta, fica claro que o planejamento para a adequada coordenação dos vários *stakeholders* é imperativa para o sucesso do empreendimento. Rezende e Andery (2008) apontam, nesta linha, que o projeto apresenta “o que” construir, mas não define “como”, ficando esta parte a cargo dos executores que, não possuindo tempo, hábito ou capacidade para planejar a execução, têm na improvisação sua principal ferramenta. Prado (2002, *apud* ALVES & DIAS, 2012), ainda, resalta que a grande variabilidade da realidade construtiva dificulta a previsão de durações de execução das atividades em obra, sendo que a natureza empírica e a variabilidade que caracterizam a indústria, a alta rotatividade da mão de obra, as influências das intempéries no desenvolvimento das atividades ao ar livre, pelo menos nos estágios iniciais, justificam a necessidade de um sistema de controle dos trabalhos em obra que reflita o progresso real alcançado, os desvios e atrasos, bem com as causas das situações enfrentadas em obra. Mattos (2010), dessa forma, considera que o planejamento é vital para o sucesso de qualquer empreendimento, sendo o meio pelo qual o gestor “pode definir as prioridades, estabelecer a sequência de execução, comparar alternativas de ataque, monitorar atrasos e desvios, entre outros benefícios”.

Corrêa *et al.* (2001), com isso, define que “planejar é entender como a consideração conjunta da situação presente e da visão do futuro influencia as decisões tomadas no presente para que se atinjam determinados objetivos no futuro”. Formoso *et al.* (1999), por sua vez, destaca a necessidade de visão de processo no planejamento e controle, definindo planejamento como o processo de tomada de decisão que envolve o estabelecimento de metas e dos procedimentos necessários para atingi-las, sendo efetiva quando seguido de um controle.

Dentro dos potenciais benefícios que o planejamento pode proporcionar, Mattos (2010) aponta os seguintes:

- Conhecimento pleno da obra;
- Detecção de situação desfavoráveis;
- Agilidade de decisões;
- Relação com o orçamento;
- Otimização da alocação de recursos;
- Referência para o acompanhamento;
- Padronização;
- Referência para metas;
- Documentação e rastreabilidade;
- Criação de dados históricos;
- Profissionalismo.

Em termos de detecção de situações desfavoráveis, em específico, Mattos (2010) destaca que através dela o gestor pode intervir mais cedo e melhor, gerando uma oportunidade construtiva, a qual ocorre quando alterações são feitas a um custo ainda relativamente baixo assim como expressa o gráfico exposto por ele na figura abaixo.

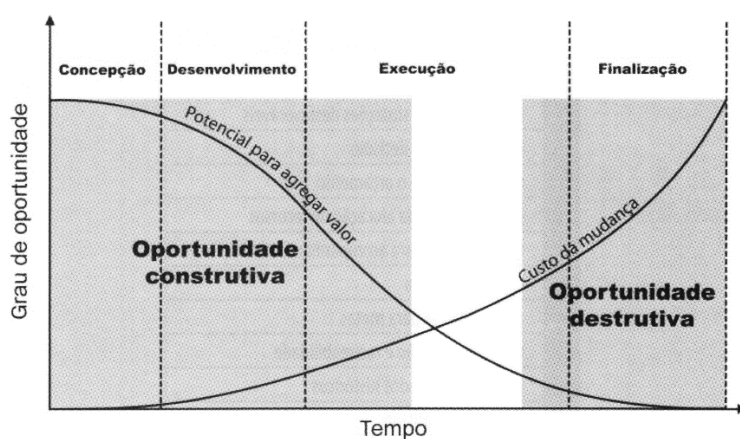


Figura 8 – Grau de oportunidade da mudança (MATTOS, 2010)

Tendo em vista os benefícios apresentados pelo planejamento, vários são os impactos negativos observados quando este é feito incorretamente. Rosso (2004 *apud* ALVES & DIAS, 2012), por exemplo, aponta que no Brasil 25% do tempo gasto em obra é improdutivo, sendo que 93% dele se deve a deficiências de planejamento, programação e coordenação das obras, e estas deficiências se manifestam tanto no nível da programação da execução quanto no nível de projeto. Mattos (2010) complementa a análise de tais impactos ressaltando a ocorrência de estouros de prazo e orçamento, indisposições entre construtor e cliente e até mesmo litígios judiciais relacionados à recuperação de perdas e danos.

Dada a importância do planejamento e as desastrosas consequências que a presença de deficiências nele podem ocorrer, Mattos (2010) ainda aponta algumas das causas dessas falhas. Dentre elas, o autor indica a questão do planejamento e controle serem compartimentadas em um único setor, ao invés de permear em toda a estrutura do empreendimento; o aspecto do errôneo descrédito pela falta de certeza nos parâmetros, uma vez que as incertezas são inerentes ao contexto construtivo e elas devem ser mitigadas com a atualização constante dos cronogramas e do planejamento estratégico; a questão do planejamento excessivamente informal, na qual o aspecto sistêmico da gestão é perdida com a visão de longo prazo sendo obstruída pelo imediatismo das atividades de curto prazo; e o aspecto do mito do tocador de obras, no qual há a presença de tomadas de decisões excessivamente empíricas, baseadas na intuição e experiência em detrimento das diretrizes de planejamento previstas para a obra.

2.2. TECNOLOGIAS DE SUPORTE AO PROJETO E PLANEJAMENTO NA AEC

2.2.1. INFORMAÇÃO E TECNOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Em uma perspectiva comercial, Bouchlaghem *et al.* (2004), destacam que o desenvolvimento tecnológico nesse contexto atual de globalização garante um maior fluxo de informações e acesso a um livre mercado, que por sua vez acarretam na formação de consumidores mais bem informados e exigentes, e na batalha de empresas por mais espaço e pela redução de custos.

Nesse contexto, Nascimento e Santos (2003) apontam que a informação se trata de um aspecto vital para companhias no mundo atual, sendo ingrediente essencial para a execução de tarefas e geração de documentos. Dessa forma, a correta gestão do fluxo de informações é fundamental em um cenário de crescente sofisticação de empreendimentos de construção, demandando, en-

tão, o uso de sistemas capazes de integrar o massivo volume de dados gerados (BOUCHLAGHEM *et al.*, 2004). Na indústria da construção civil, portanto, o tratamento desse fluxo de informações entre os diversos agentes multidisciplinares ao longo do processo é um dos fatores críticos para o sucesso do empreendimento (NASCIMENTO & SANTOS, 2003).

Para Schimitt (1993), a carência de informações durante a elaboração do projeto se trata de um grave entrave ao ganho de qualidade e produtividade no setor. Durante a circulação de um elevado volume de informações entre os membros do projeto é essencial garantir que estas informações sejam precisas e relevantes (SOIBELMAN & CALDAS, 2001 *apud* NASCIMENTO & SANTOS, 2003). Dessa forma, se torna necessário a criação de uma estrutura para a racionalização do fluxo e compreensão dos dados durante o desenvolvimento de um empreendimento, fazendo com que o uso de sistemas de informações tenha aumentado nos últimos anos (NASCIMENTO & SANTOS, 2003). Nesse sentido, Rezende e Andery (2008) notam que os processos baseados na Engenharia Simultânea podem implicar na superação de problemas como a dissipação de informações essenciais para cada fase do ciclo de vida do empreendimento com sua abordagem multidisciplinar integrada.

Os sistemas de informação podem responder uma variada gama de consultas, sendo que a informação processada por estes possui um amplo uso na tomada de decisões e, desse modo, a qualidade da informação pode determinar o acerto dessas decisões tomadas (NASCIMENTO & SANTOS, 2003). “A informação com qualidade para tomada de decisão deve ser precisa, oportuna e completa” (REZENDE *et al.*, 2000).

Na década de 80 e parte da década de 90, a carência de informações para tomada de decisão era em grande parte responsável pelo baixo desempenho do setor da construção e, para solucionar isso, houve um grande investimento por partes das companhias na área de Tecnologia da Informação (TI) com a aquisição de *software* e *hardware* para o gerenciamento de informações (NASCIMENTO & SANTOS, 2003).

Tecnologia da Informação (TI) é o termo que trata das complexas relações entre sistemas de informação, o uso e inovação de *hardware*, sistemas de automação, *software*, serviços e usuários (LAURINDO, 1995). Scheer *et al.* (2001), por sua vez, destaca que aplicações de TI englobam atividades da sociedade nas quais interações do homem com o ambiente são intensamente mediadas pela computação e comunicação das informações. A TI, então, se trata de um conjunto de conhecimentos aplicados na informática envolvidos na estratégia da empresa para obter vantagem competitiva através da solução de problemas com a geração de informação

efetiva oportuna e conhecimento para tomada de decisões e obtenção de lucratividade e competitividade (REZENDE *et al.*, 2000). Vários autores em diferentes segmentos da construção de diversos países estimam que o uso de TI pode contribuir na redução de cerca de 30% do custo de projetos (MICALI, 2000 *apud* NASCIMENTO & SANTOS, 2003). O mesmo autor aponta que o grande trunfo da TI é na integração dos diversos agentes da indústria.

Apesar dos grandes benefícios potenciais do uso de TI na construção civil, Nascimento e Santos (2003) explicam que a instabilidade econômica e política inibe o investimento na área no Brasil em relação a outras partes do globo. Segundo eles, as tecnologias mais difundidas no setor são soluções mais específicas como o CAD e sistemas de cálculo estrutural. Outros entraves à adoção intensa da TI dentro da construção civil, segundo os mesmos autores, são:

- Falta de intimidade com a TI nos níveis superiores das companhias;
- Falta de padronização na comunicação, dificultando a interoperabilidade e integração;
- Inexistência ou falta de investimento na área de TI;
- Falta de difusão geral da TI dentro da indústria que dificulta a integração e prejudica os resultados de quem a utiliza mais intensamente;
- Problemas com custos de aquisição e manutenção de *hardware* e *software*;
- Pouca ênfase acadêmica dada ao uso de TI para os futuros profissionais;
- Surgimento relativamente recente da TI faz com que a renovação completa do mercado com profissionais tecnologicamente bem versados demore.

Como visto anteriormente, para a realização adequada do processo de projeto e planejamento dentro do novo paradigma de produção da Engenharia Simultânea há uma enorme dependência com relação a um fluxo de informações integrado dentro do ciclo produtivo que permita a tomada otimizada de decisões para a definição das melhores estratégias a serem seguidas para se alcançar as metas traçadas. Segue, então, uma análise individual de algumas das principais ferramentas de auxílio à aquisição, manipulação e análise deste grande volume dados e o gerenciamento de procedimentos voltados para a indústria AEC.

A análise destes instrumentos procederá, em um primeiro momento, com a enumeração, descrição básica e caracterização do modo de atuação geral de cada ferramenta com seus potenciais

usos a serem aplicados nas atividades produtivas do setor AEC. Posteriormente, se exemplificará tal aplicação em termos mais práticos com a abordagem de alguns cenários típicos encontrados nessa indústria, evidenciando a interoperabilidade de tais ferramentas ao longo da cadeia produtiva.

2.2.2. GEOPROCESSAMENTO

Segundo Namikawa (2012), geoprocessamento é um termo genérico que induz a uma definição do conceito como sendo o processamento de dados geográficos, termo sob o qual incluem-se todas as fundamentações teóricas, as técnicas, as ferramentas e as aplicações relacionadas ao tratamento computacional de dados espaciais geográficos. Ele se consolidou nas décadas de 1960 e 1970 com o SIG (Sistema de Informação Geográfica) e desenvolvimentos mais recentes incluem as melhorias na coleta de informações básicas com o uso de tecnologias de posicionamento global como o GPS e de sensoriamento remoto.

Dentre as capacidades de análise mais proeminentes deste sistema estão a conversão entre projeções cartográficas, cruzamento de mapas, modelagem numérica de terreno, consulta espacial, alocação de recursos, definição de caminho mínimo, estatística espacial e visualização de dados espaciais (NAMIKAWA, 2012). Por meio de tais, então, nota-se seu grande potencial de uso no contexto do planejamento do sistema produtivo da indústria AEC uma vez que o geoprocessamento fornece, justamente, as ferramentas de coleta e análise de dados dos fatores técnicos e sociais inerentes ao local geográfico do produto a ser construído, que influenciará na tomada de decisões, principalmente, nas etapas de estudos de necessidades, concepção básica e projeto do empreendimento, assim como no desenvolvimento e gerenciamento de infraestruturas urbanas.

Alguns dos principais usos potenciais do geoprocessamento na análise e projeto do local de implantação do empreendimento são:

- Levantamentos topográficos;
- Análise de zoneamento e impacto ambiental de áreas vizinhas;
- Análises de escoamento superficial e de riscos de inundação;
- Análise de movimentos de terra necessários;
- Análise dos elementos de infraestrutura existentes e sua interação com o empreendimento, tanto em termos de suporte quanto para evitar choques construtivos;

- Análises de interação com estruturas existentes vizinhas em aspectos como linha de visão, insolação e regime de ventos;
- Definição de rotas logísticas de insumos baseados no menor caminho possível até o local do empreendimento;
- Sensoriamento remoto de dados impactantes à construção, como fatores climáticos, tráfego de veículos e pessoas; esforços impostos na estrutura, etc.;
- Mapeamentos temáticos variados de acordo com as necessidades particulares de cada empreendimento.

Dentre as soluções de software com base em tal tecnologia, vale destacar aquelas desenvolvidos pela ESRI, como o ArcGIS; as da Autodesk, como o AutoCAD Map3D, AutoCAD Civil 3D e InfraWorks; e o SPRING (visto na figura abaixo), desenvolvido nacionalmente pelo INPE.

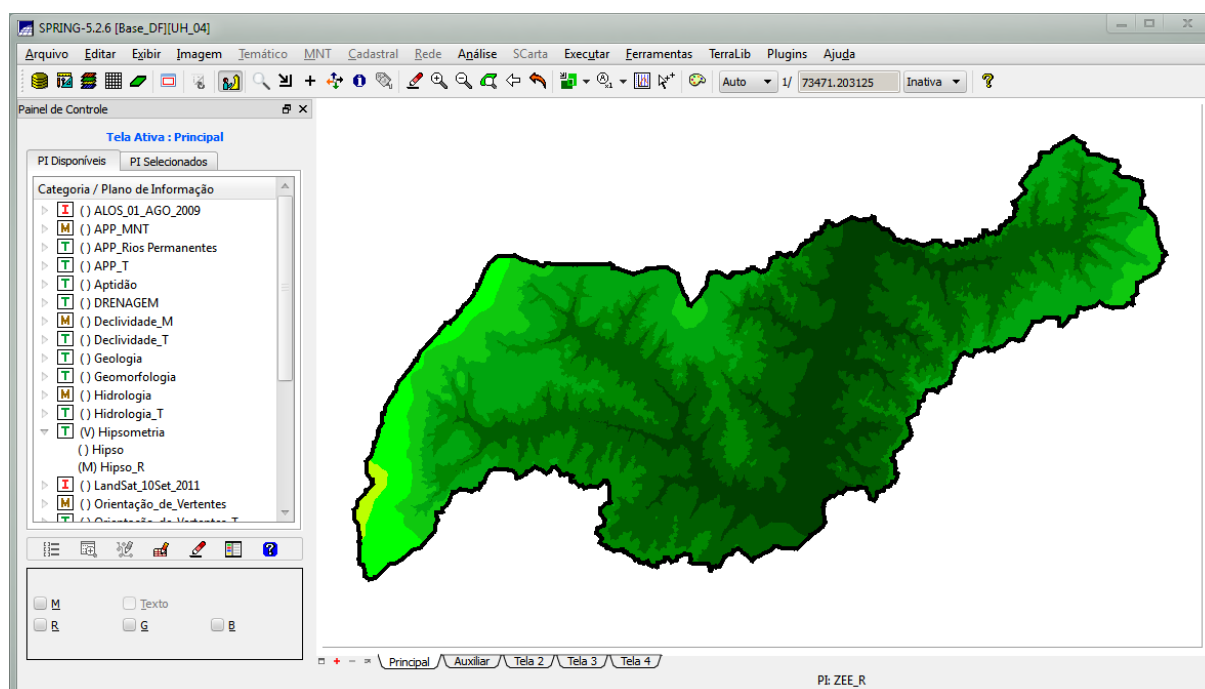


Figura 9 – Janela da interface do software SPRING de geoprocessamento (RORIZ, 2016)

2.2.3. BIM (*BUILDING INFORMATION MODELING*)

O BIM (*Building Information Modeling*) ou, na tradução oficial brasileira da ABNT NBR ISO 12006-2:2010, Modelagem da Informação da Construção, se trata, segundo Santos (2012), do “processo de produção, uso e atualização de um modelo de informações da edificação durante todo o seu ciclo de vida. Esse modelo, além da geometria da construção, contém numerosas

informações sobre seus diferentes aspectos, potencialmente abrangendo todas as disciplinas envolvidas num empreendimento. Dessa forma, serve a diferentes propósitos, desde os estudos de viabilidade, passando pelo desenvolvimento do projeto, simulações, orçamentação, planejamento, controle, (pré)fabricação, construção, visualização, colaboração, representação e registro, até a manutenção, reforma e, eventualmente, demolição da edificação”.

Enquanto o GIS funciona como um banco de dados de informações entre o ambiente em volta e o empreendimento, o BIM, de modo análogo, funciona também como um banco de dados, mas nesse caso de informações existentes entre os diversos elementos constitutivos da própria construção. O BIM, dessa forma, com sua riqueza de informações contidas nos dados de sua modelagem tridimensional paramétrica, fornece uma rica ferramenta de planejamento com a possibilidade de execução de simulações, análises, coordenação e compatibilização com sua integração multidisciplinar ao longo do processo construtivo como um todo até na chamada “5ª dimensão” (modelagem tridimensional com análise de prazos de execução e de custos das atividades) (SANTOS, 2012).

Obtém-se com o BIM, dessa forma, uma série de vantagens como a comunicação mais clara, redução de erros de projeto, redução de retrabalho em obra, aumento da produtividade, melhor controle sobre o cronograma, melhoria da performance, maior clareza das estimativas de custos, diminuição dos riscos, relação com os *stakeholders* mais transparente, aumento da segurança no ambiente de trabalho, gestão de dados pós-obra simplificada, diminuição da geração de resíduos e menor impacto global sobre o ambiente (SANTOS, 2012).

Apesar dessa série de vantagens, devido ao fato de ser um processo relativamente novo e de ainda pouca adesão no mercado, este possui alguns grandes desafios a serem superados. Um dos principais a serem considerados é a baixa interoperabilidade entre os diversos processos adotados no setor AEC, levando, segundo estimativas do NIST (*National Institute of Standards and Technology*) de que nos EUA ocorrem perdas da ordem de US\$15,8 bilhões por ano (GALLAHER, 2004) devido a problemas de interoperabilidade como reentrada manual de dados, duplicação de tarefas e dependência de sistemas baseados em papel, que evidencia a inabilidade do setor de explorar o total potencial das TICs (Tecnologias da Informação e Comunicação). Outros grandes limitantes atuais da adoção do BIM são o baixo nível de qualificação e falta de treinamento de usuários com relação ao uso da ferramenta; e a falta de bibliotecas de famílias dos componentes construtivos que alimentam a modelagem paramétrica dos projetos baseados em BIM.

Dentre as soluções de software com base em tal tecnologia, vale destacar aquelas desenvolvidos pela Autodesk, como o Revit, o AutoCAD Civil 3D, Navisworks e InfraWorks; pela Graphisoft, como o ArchiCAD; e o Bentley Architecture, da Bentley Systems.

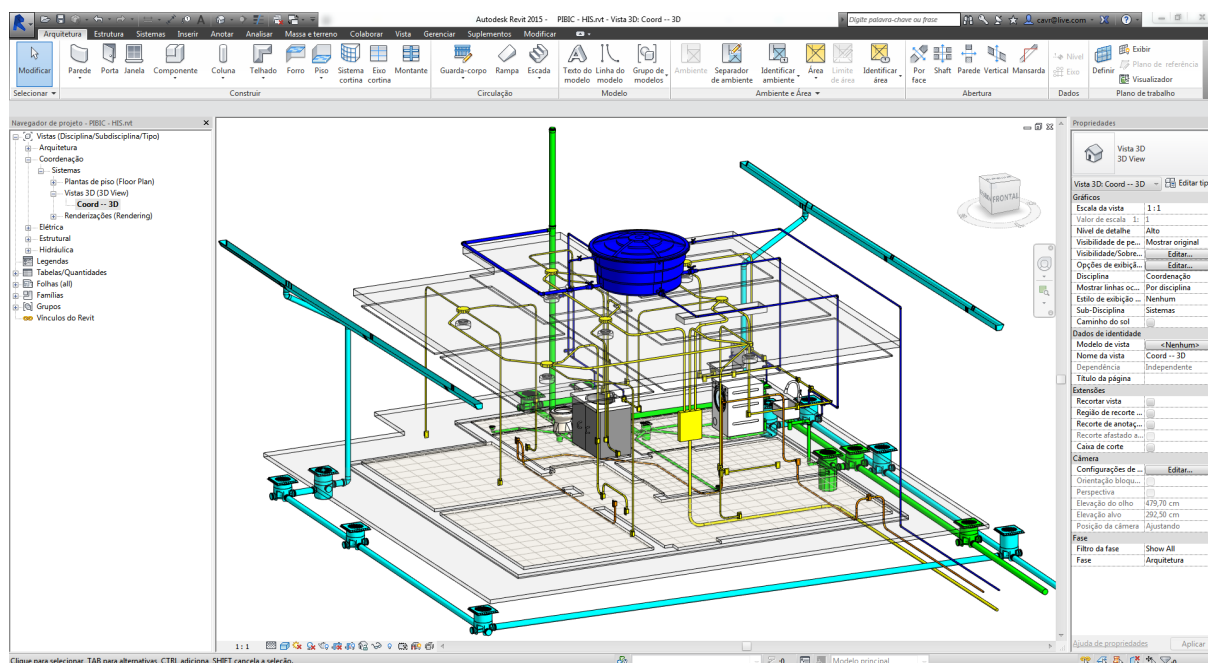


Figura 10 – Janela da interface do software Revit baseado em BIM (RORIZ, 2016)

2.2.4. FERRAMENTAS DE GERENCIAMENTO DE PROJETO E DE GERENCIAMENTO DE CICLO DE VIDA DE PRODUTO

A execução do planejamento de um projeto requer um profundo nível de compreensão da estrutura organizacional e da interdependência dos procedimentos a serem realizados, de modo a garantir o fluxo otimizado das tarefas necessárias para a obtenção das metas traçadas. Ferramentas de gerenciamento de projeto, mais notoriamente exemplificadas pela figura do software Microsoft Project (visto na figura a seguir) e do PRIMAVERA, dessa forma, provêm ao planejador uma plataforma de gerenciamento e controle de projetos cujas ferramentas como a EAP (Estrutura Analítica de Projeto) e os diagramas de Gantt que provêm uma análise sistemática da estrutura de atividades desenvolvidas, evidenciando sua interdependência, analisando a alocação de seus insumos e permitindo a elaboração otimizada de um cronograma e análise financeira do empreendimento.

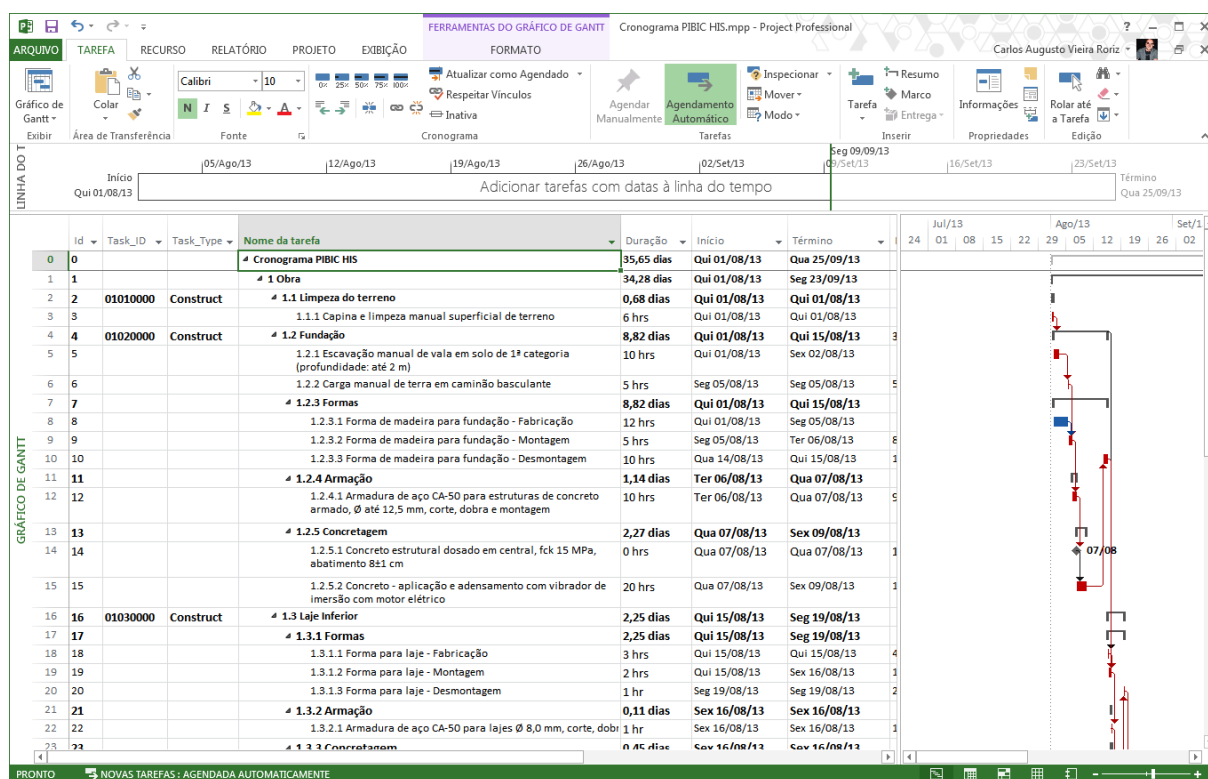


Figura 11 – Interface do programa Microsoft Project 2013 de gerenciamento de projeto (RORIZ, 2016)

Em um nível mais holístico da análise do processo produtivo, ainda, existe a figura das ferramentas de PLM (*Product LifeCycle Management*, ou Gerenciamento de Ciclo de Vida do Produto). Segundo Javvadi (2012), PLM é o “processo de gerenciamento de todo o ciclo de vida de um produto desde sua concepção, projeto, fabricação, uso e disposição final. PLM integra pessoas, dados, processos e sistemas produtivos e provê uma estrutura de informação do produto para a empresa”. PLM se comporta, dessa forma, como uma ferramenta gerencial mais personalizada para a toda a cadeia produtiva em questão, buscando a padronização de processos para melhor colaboração e otimização das atividades desenvolvidas, fazendo uso inclusive de ferramentas como o próprio BIM.

2.2.5. REALIDADE VIRTUAL E REALIDADE AUMENTADA

De forma abrangente, pode-se definir a realidade virtual como o conjunto de métodos e tecnologias relacionadas com a imersão do usuário em ambientes com aparência realista e comportamento e interação simulados pelo computador (FOLEY, 1995). Lopes e Zuffo (2006) definem, então, os três vetores caracterizadores da realidade virtual como sendo a imersão, a interação e o realismo.

Segundo Azuma (1997), a realidade aumentada, por sua vez, possibilita misturar, em tempo real, o ambiente real do usuário com um ambiente virtual projetado. Azuma (2001) diz ainda que o ambiente de realidade aumentada adiciona artefatos virtuais a um ambiente real, criando a impressão de coexistência entre objetos reais e virtuais num mesmo cenário.

Ambas as tecnologias de realidade virtual e realidade aumentada, dessa forma, propiciam ao usuário uma imersiva experiência de interação visual com dados reais ou virtuais, os quais podem facilitar bastante a compreensão dos mesmos. Integradas com modelos paramétricos BIM e informações georreferenciadas, tais tecnologias tem um potencial ainda maior de trazer compreensão para a análise de informações da cadeia produtiva como aquelas relacionadas a detalhes de projeto e de execução de atividades.

Em termos gerais mais práticos, observa-se que áreas como Engenharia, Medicina e Geociências têm buscado soluções integradas com realidade virtual e aumentada para melhor representação, percepção e análise do espaço físico envolvido. Em todas estas áreas o uso de tais ferramentas permite um ganho nos processos de análise quando é conjugada com processos de simulação, sendo um exemplo de tal o fato da visualização em tempo real dos efeitos de uma mudança em um modelo estudado facilitar a compreensão do processo (BRODLIE, 1993).

Várias são as soluções de *software* baseadas em realidade virtual, mas vale destacar seu uso mais difundido que se trata de *game engines* (motores gráficos de jogos de videogame), como o Unity (visto na figura abaixo) da empresa Unity, a Unreal Engine da Epic Games e a Source Engine da Valve Software, dentre muitos outros.



Figura 12 – Modelo 3D de realidade virtual rodando pela *engine* Unity (RORIZ, 2016)

Já dentre as soluções de software com base em realidade aumentada, vale destacar o Creator (visto na figura abaixo), desenvolvido pela Metaio e voltado tanto para *desktops* quanto para plataformas *mobile*; o ARToolkit de desenvolvimento aberto e originalmente para plataforma *desktop*; e o Augment, desenvolvido pela Augment e voltado para plataformas *mobile*.



Figura 13 – Modelo 3D de realidade aumentada feito no Metaio Creator e rodando em um smartphone (RORIZ, 2016)

2.2.6. BIG DATA

Big Data é uma classificação genérica dada a coleções de conjuntos de dados (*data sets*) tão grandes e complexos que se tornam difíceis de processá-los usando ferramentas de gerenciamento de banco de dados seriais ou ferramentas tradicionais de processamento de dados (WHITE, 2012). Os desafios incluem coleta, seleção, armazenamento, pesquisa, transferência, análise e visualização (KUSNETZKY, 2010). Sucintamente, *Big Data* possui três características fundamentais que expressam a natureza hiperbólica de sua informação:

- Volume;
- Velocidade de geração;
- Variedade.

A origem da informação que fomenta o *Big Data* remonta a escalabilidade de dados gerada, principalmente, pelo advento das máquinas computacionais com sua capacidade de geração

automatizada de dados e pelos próprios usuários com seu rastro digital gerado pela massificação de ferramentas de comunicação como a Internet (SCHWERDTFEGGER, 2013). Essa capacidade de escalabilidade de dados, com isso, gera uma quantidade massiva de informação, evidenciada por expressivas estatísticas tais como as exemplificadas abaixo:

- “A cada dois dias geramos atualmente tanta informação quanto fizemos desde o início da civilização até o ano de 2003” (SCHIMIDT, Eric, 2010);
- Os 4 experimentos do LHC geraram em torno de 25 petabytes (26,2 milhões de gigabytes) de dados em 2010 através de seus 150 milhões de sensores (LEFEVRE, 2010);
- Estima-se que até 2020 a quantidade de dados gerada será 50 vezes maior do que a gerada hoje (EMC Corp, 2012).

Para se fazer uso desse grande volume de informação, então, se faz necessário o processamento do mesmo por ferramentas computacionais, caracterizando o que Floridi (2013), de um ponto de vista filosófico, chama de *híper-história*. Ele explica que, assim como a passagem da pré-história para a história há milhares de anos atrás foi marcada com a invenção da escrita (e sua capacidade de registrar o presente para o consumo futuro), a revolução da computação (ou da informação) marca a passagem da história para a *híper-história*, caracterizada pela capacidade de processamento da informação gerada por máquinas e a consequente dependência humana delas, tornando-nos passivos do processo (ver figura abaixo). Para o *Big Data*, neste caso, as tecnologias que basicamente possibilitaram o processamento desses dados foram o advento dos algoritmos de processamento paralelo para computação distribuída e sistemas de indexação de arquivos otimizados para armazenamento de bancos de dados, primeiramente representadas pelo MapReduce e GFS (*Google file system*) em 2003 e posteriormente pela *framework open source* denominada Hadoop em 2005, criada por dois funcionários do Yahoo (derivada de estudos publicados pelo Google) e doada para a Apache em 2006 (WHITE, 2010).

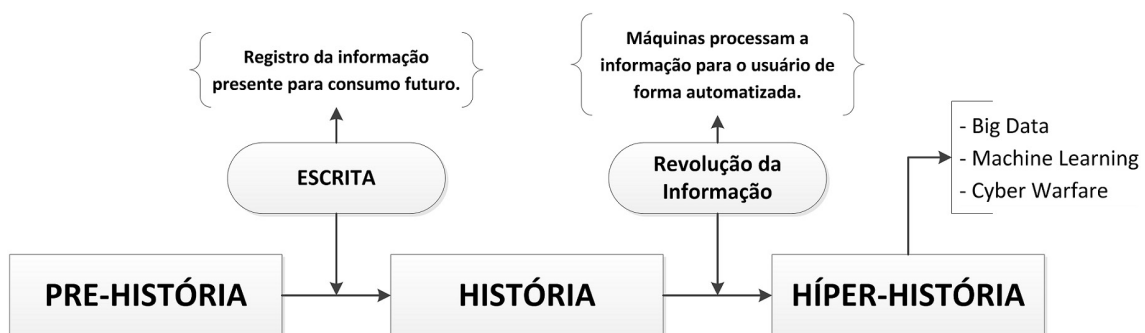


Figura 14 – Estruturação da história da humanidade (FLORIDI, 2013)

Hauser (2013), por sua vez, de um ponto de vista mais técnico, caracteriza esse estágio atual onde se insere o *Big Data* como sendo a sexta onda da computação: *Machine Learning* (aprendizagem de máquina). Neste estágio de desenvolvimento de inteligência artificial, segundo Hauser (2013), se busca a redução da complexidade de Kolmogorov humana que, nos estudos de complexidade cognitiva aplicados à computação, leva ao aperfeiçoamento do desempenho em alguma tarefa pela análise estatística de grandes volumes de dados. Aplicando-se tais capacidades no contexto do *Big Data*, então, se tem uma grande habilidade para efetivamente coletar, interpretar e agir de acordo com dados (CARROZZO, 2012).

Em seu cerne, *Big Data* se trata da capacidade de prever padrões chave e eventos, assim como entender como e por que eles estão acontecendo. Quando toda esta informação é conectada de um aspecto a tudo que já foi coletado no passado, o impacto potencial em um mercado como da construção é enorme (CARROZZO, 2012).

Já são várias as aplicações atuais de *Big Data* em vários seguimentos da sociedade, variando entre si em alguns aspectos de sua abordagem. Seja na forma de publicidade direcionada, otimização de motores de busca, definição de tratamento médico, previsão meteorológica, análise do mercado financeiro, previsões esportivas ou ainda, mais notoriamente, por polêmicos programas governamentais focados, supostamente, na manutenção da segurança nacional como o PRISM e o FAIRVIEW, é inegável o alcance crescente e o impacto do *Big Data* nas vidas das pessoas.

Tais capacidades dessa tecnologia, então, podem levar às ferramentas ideais para a solução de problemas críticos que permeiam cada disciplina dentro do setor AEC. Quando problemas surgem e os dados são cruzados contra informações estatísticas passadas já coletadas e armazenadas, soluções únicas podem surgir. Dados prévios podem criar poderosos resultados quando pareados com indicadores iniciais através de um vasto espectro de comportamentos humanos com informações históricas (CARROZZO, 2012). O *Big Data*, dessa forma, pode também se combinar com ferramentas anteriormente mencionadas como geoprocessamento, BIM e PLM para a análise dos dados por eles gerados e assim formar previsões necessárias para o traçado das melhores estratégias dentro do processo de planejamento, podendo estender a aspectos como a análise de demandas potenciais de mercado, previsões de preços de insumos, análises de produtividade de mão-de-obra e análises de risco diversas. Como um todo, então, este apresenta um momento decisivo para o mercado AEC no que tange a oportunidade de se tomar decisões mais rápidas, eficientes e melhores (CARROZZO, 2012). Os dados agora existem e podem ser continuamente ajustados para refletir as tendências atuais de acordo com padrões históricos.

Em um nível mais avançado de análise do *Big Data* ainda é possível, por fim, aplicar *prescriptive analytics*, que se trata da terceira fase da *business analytics*, um sistema de modelagem de decisões para a indústria. A primeira fase é a *descriptive analytics*, que verifica questões passadas e as descreve; ele comunica o que aconteceu e por que depois do fato ocorrer. A segunda fase é a *predictive analytics*, que combina dados históricos com algoritmos para estimar a probabilidade de eventos futuros; ele diz o que vai acontecer. *Prescriptive analytics*, por sua vez, vai além e aplica uma variedade de algoritmos de regras de mercado e múltiplos sistemas de modelagem matemáticos e computacionais para automaticamente gerar sugestões de decisões a serem tomadas (BASU, 2013).

Apesar das inúmeras potencialidades, o *Big Data* possui ainda uma série de problemas a serem superados. O mais proeminente deles certamente se encontra na questão da privacidade, uma vez que uma das principais fontes de dados do *Big Data* é a pegada digital deixada pelos usuários intencionalmente ou não, que pode vir a ser abusada por quem tiver acesso a ela, sendo que tal aspecto ganhou especial notoriedade com a polêmica em torno do programa de vigilância da agência de segurança nacional dos EUA (NSA) na forma do PRISM e do FAIRVIEW. Um segundo problema expressivo com o *Big Data* é a esparcidade dos dados coletados, que reflete a falta de padronização de sistemas e processos e dificulta muito o processamento das informações. Por fim, outro problema sério do meio está ligado a elevada capacitação técnica dos profissionais requeridos pela área, que demanda um conjunto de habilidades altamente técnicas nas áreas de matemática, estatística e computação.

O *Big Data* e as tecnologias que capacitam o funcionamento deste já evoluíram bastante desde seu surgimento, mas ainda há muito potencial para desenvolvimento futuro que vale ser mencionado, bem como as possíveis implicações deste para a sociedade. Certamente a área mais promissora nesse aspecto se trata do desenvolvimento dos sistemas de inteligência computacional, envolvendo o emprego de tecnologias como sistemas de redes neurais, lógica nebulosa e algoritmos genéticos que possuem o potencial de nos levar, inclusive, a um futuro de singularidade tecnológica e surgimento de consciências artificiais. Os possíveis cenários nos quais estas se desdobram são consagradas na área da ficção científica por figuras como Asimov e John von Neumann, mas ainda que estes existam apenas na imaginação coletiva da cultura pop atualmente, não significa que esta esteja tão longe da realidade quanto se imagina e certamente é algo que deve ser considerado nos avanços futuros dentro dessa área, especialmente em um contexto atual onde é possível se desenvolver sistemas de inteligência artificial como o Watson da IBM (visto na figura seguinte).



Figura 15 – Supercomputador Watson desenvolvido pela IBM e voltado para aplicações de *machine learning* e Big Data (IBM, 2014)

Ainda que um futuro pessimista de dominação das máquinas pareça muito ficcional, o *Big Data* já fornece indícios mais claros de um futuro mais factível e com perspectivas não tão otimistas. Tal panorama se origina do poder crescente que a informação desempenha na sociedade, cujo uso e abuso pode levar a cenários extremos como os de um Estado vigilante e autoritário como o *orwelliano* de “1984” (caso o governo ocupe tal papel de abusador) ou de um futuro cyberpunk (caso corporações, neste caso, ocupem o mesmo papel). Tais potenciais desdobramentos podem ser exemplificados, respectivamente, por eventos recentes como a revelação do PRISM e pelas crescentes polêmicas de privacidade envolvendo o Facebook, Gmail e a exploração de dados dos usuários para fins comerciais por parte destes. Um terceiro futuro potencial, ainda, que pode surgir disso e já possui sua quota de indícios recentes é o da guerra pela informação, seja na *cyberwarfare* (guerra cibernética) entre governos ou na espionagem industrial entre corporações, exemplificados atualmente pelos números crescentes de invasão de bancos de dados de governos, corporações e, mais iconicamente, com o advento do Wikileaks. Sintetizando todos esses panoramas potenciais dessa sociedade inserida na hiper-história, Floridi (2013) diz que “aqueles que vivem pelo dígito, morrem pelo dígito”.

2.2.7. INTEGRAÇÃO NO CICLO PRODUTIVO

Após essa abordagem mais geral e isolada das ferramentas de planejamento, será feita então, uma análise mais prática, contextualizada e integrada do uso dessas mesmas dentro de alguns cenários típicos do setor AEC, evidenciando sua interoperabilidade e fluxo de trabalho ao longo da cadeia produtiva, proposta anteriormente, e descrita a seguir.

- **Demanda**

A partir de dados de geoprocessamento e análises de *Big Data* relacionado a indicadores econômicos e sociais é possível investigar a potencialidade de demanda de mercado para a construção de um possível empreendimento.

Dependendo da natureza de uso da construção, tais indicadores podem ser focados, por exemplo, na população em si para o caso da construção de um terminal de passageiros de um aeroporto ou na atividade industrial da região para a avaliação da demanda de um eventual terminal de cargas para este mesmo aeroporto.

- **Concepção**

Definida a potencialidade comercial de certo empreendimento em dado local, é necessário, então, definir os parâmetros básicos e escopo do empreendimento a ser construído de acordo com as especificidades da região e as imposições que esta geraria sobre a obra para se obter a concepção da mesma. Com os dados de demanda obtidos anteriormente, então, é possível fazer um pré-dimensionamento da obra, avaliando as características mais específicas de sua localização de acordo com fatores como topografia e interações e colisões com a infraestrutura já existente na região por meio de geoprocessamento, avaliando também possíveis problemas de logística para a construção como facilidade de acesso e disponibilidade de matéria-prima e mão de obra com dados georreferenciados. Constrói-se, então, um esboço da configuração tridimensional da obra por algum programa BIM e se define um cronograma físico-financeiro preliminar para a obra construído por alguma ferramenta de gerenciamento de projeto.

- **Venda**

Definido o escopo e um cronograma físico-financeiro preliminar para o empreendimento, está na hora de comunicar suas intenções aos *stakeholders* e defender a potencialidade comercial do empreendimento concebido. Este pode ser facilitado com a apresentação do modelo tridimensional e sua configuração de cronograma físico-financeiro por meio de algum dispositivo de realidade virtual ou realidade aumentada que possibilite fornecer mais claramente as intenções do projeto em um ambiente visualmente rico e interativo.

- **Projeto**

Obtido o sinal verde para a realização do empreendimento, então, será necessário detalhar os diversos aspectos ligados ao projeto, observando a interação entre os diversos sistemas constituintes e sua configuração durante o processo de execução. Nesta fase, então, se obtém realmente toda a potencialidade de um processo BIM, obtendo-se a criação de um projeto integrado e centralizado entre as diversas disciplinas (arquitetura, estrutura, instalações, etc.) em que sua coordenação e compatibilização são extremamente facilitadas e a documentação é um subproduto natural da própria modelagem.

Nesta etapa é necessário, então, avaliar com maior profundidade a interação do ambiente com a obra, verificando-se através do geoprocessamento questões como análises do terreno em termos de movimentação de terra e estudos geológicos e geotécnicos; análise de drenagem e escoamento superficial; impactos ambientais em áreas críticas vizinhas; e estudos de interação com estruturas vizinhas em termos de linha de visão, insolação e regime de ventos.

Para a compreensão global do projeto, então, é possível extrair informações do modelo BIM que tangem os quantitativos e, a partir destes e de análises históricas de *Big Data*, extrapolar análises de custos e durações de atividades que definirão o cronograma físico-financeiro mais detalhado. Este irá, por sua vez, alimentar as ferramentas de gerenciamento de projeto para definição do encadeamento de atividades, que poderão ser visualizadas de forma rica e interativa fazendo uso de realidade virtual e aumentada para uma melhor compreensão do projeto como um todo.

- **Execução**

Com os diversos aspectos da construtibilidade definidos no projeto, então, é necessário a aplicação prática dos mesmos no canteiro de obras. Para isto, é possível fazer uso do cronograma físico-financeiro definido anteriormente no projeto e, com o uso de ferramentas de realidade virtual ou aumentada, comunicar as tarefas que devem ser executadas a cada momento e então comparar o andamento da obra real com o cronograma teórico fazendo o uso das mesmas. Caso haja discrepância entre tais, então, será possível realizar os ajustes necessários de cronograma, utilizando-se ferramentas de gerenciamento de projeto e poder, assim, traçar as novas estratégias para a execução da obra dentro do prazo e orçamento estimados.

- **Uso/Manutenção/Avaliação**

Com o empreendimento concluído, então, se torna necessário uma retroanálise do processo para traçar as condições nas quais será feito o uso, as eventuais necessidades de manutenção e uma avaliação geral da performance da realização da obra. Tais aspectos são extremamente facilitados pela própria natureza do processo BIM de geração de documentação automatizada que simplifica bastante a geração do *as built* e pelo processo de agregação da mesma documentação pelo processo PLM. A partir de todos esses resultados e relatórios gerados, então, será possível retroalimentar todo o banco de dados da cadeia produtiva, fornecendo mais informações que serão cruciais para um planejamento futuro mais eficiente e eficaz.

3. RECURSOS E MÉTODOS

3.1. RECURSOS

3.1.1. EQUIPAMENTO UTILIZADO

Para a realização deste projeto foi utilizado apenas um computador pessoal (estilo notebook) com as seguintes especificações técnicas:

- **Sistema Operacional:** Windows 10 Pro 64-bit;
- **CPU:** Intel Core i7 3610QM @ 2,30Ghz (Tecnologia Ivy Bridge 22nm);
- **RAM:** 16.0GB Dual-Channel DDR3 @ 798 Mhz (Latências: 10-10-10-27);
- **Placa Mãe:** Hewlett-Packard 181E (U3E1);
- **Placa gráfica:** nVidia GeForce GT 650M, 2GB VRAM (1920x1080@60Hz);
- **HD:** Samsung SSD 850 EVO, 500GB (SSD).

3.1.2. PROGRAMAS

Ao longo do desenvolvimento deste projeto foi utilizada uma grande variedade de programas dependendo da tarefa a ser realizada. Tais programas foram os seguintes:

- Autodesk® AutoCAD® Map 3D:
 - **Desenvolvedor:** Autodesk®;
 - **Versão:** 2017.0.3;
 - **Licença:** Gratuita (estudantil);
 - **Usos no Projeto:** Limpeza e preparação dos modelos CAD e criação/anexação de atributos para alguns dos elementos para a conversão em dados SIG.
- Autodesk® Revit:
 - **Desenvolvedor:** Autodesk®;
 - **Versão:** 2017.0.3;
 - **Licença:** Gratuita (estudantil);
 - **Usos no Projeto:** Georreferenciamento de modelo BIM.
- Autodesk® Infraworks® 360:
 - **Desenvolvedor:** Autodesk®;
 - **Versão:** 2017.2.314;

- **Licença:** Gratuita (estudantil);
- **Usos no Projeto:** Agregação de dados SIG e BIM para visualização de um modelo 3D geocontextualizado, análises diversas de terreno e compatibilização de projetos.
- qGIS® Desktop:
 - **Desenvolvedor:** Vários (projeto *opensource* colaborativo);
 - **Versão:** 2.18.1;
 - **Licença:** Gratuita;
 - **Usos no Projeto:** Manipulações gerais de arquivos SIG, visualização e geração de mapa, geração de mapa online.
- ESRI® ArcGIS ArcMap:
 - **Desenvolvedor:** ESRI®;
 - **Versão:** 10.4.1.5686;
 - **Licença:** Trial;
 - **Usos no Projeto:** Manipulações gerais de arquivos SIG e cruzamento de mapas.
- FME® Desktop:
 - **Desenvolvedor:** Safe Software®;
 - **Versão:** 2016.1.2.1;
 - **Licença:** Estudantil;
 - **Usos no Projeto:** Operações ETL espaciais (*extract, transform and load*), incluindo cruzamento de mapas, conversões entre formatos SIG, criação e incorporação de dados espaciais em dados sem eles e transformações de projeções cartográficas, dentre outros.
- Microsoft® Office® Excel:
 - **Desenvolvedor:** Microsoft®;
 - **Versão:** 2016;
 - **Licença:** Microsoft Office ProPlus 365;
 - **Usos no Projeto:** Limpeza e manipulação de dados tabulares e construção de modelo de dados.
- Microsoft® Office® Word:
 - **Desenvolvedor:** Microsoft®;
 - **Versão:** 2016;

- **Licença:** Microsoft Office ProPlus 365;
- **Usos no Projeto:** Confeção deste relatório escrito.
- Microsoft® Office® PowerPoint:
 - **Desenvolvedor:** Microsoft®;
 - **Versão:** 2016;
 - **Licença:** Microsoft Office ProPlus 365;
 - **Usos no Projeto:** Confeção da apresentação em slides do relatório deste projeto.
- Microsoft® Power BI:
 - **Desenvolvedor:** Microsoft®;
 - **Versão:** 2016;
 - **Licença:** Microsoft Office ProPlus 365;
 - **Usos no Projeto:** Construção de modelos de dados e análise e visualização dos mesmos através de *dashboards* interativas.
- cURL:
 - **Desenvolvedor:** Vários (projeto *open source* colaborativo);
 - **Versão:** 7.51;
 - **Licença:** Gratuita;
 - **Usos no Projeto:** Download em massa de arquivos de servidores de mapas online.
- GraphicsMagick:
 - **Desenvolvedor:** Vários (projeto *open source* colaborativo);
 - **Versão:** 1.3.25;
 - **Licença:** Gratuita;
 - **Usos no Projeto:** Mosaico de imagens de servidores de mapas online.
- yEd:
 - **Desenvolvedor:** yWorks®;
 - **Versão:** 3.16.2.1;
 - **Licença:** Gratuita;
 - **Usos no Projeto:** Criação de fluxogramas para visualização do fluxo de trabalho do projeto.

3.1.3. DADOS

Na realização deste projeto se deu o uso de uma diversa gama de dados de diferentes naturezas para a realização de cada tarefa. Os dados usados foram os seguintes:

- **Microdados do PDAD:**

- **Tipo:** Tabular (CSV);
- **Detentor:** Companhia de Planejamento do Distrito Federal (CODEPLAN);
- **Ano dos dados:** 2011 e 2013;
- **Fonte:** <http://www.codeplan.df.gov.br/component/content/article/261-pesquisas-socioeconomicas/294-pdad-2013.html>
- **Descrição:**

O PDAD (Pesquisa por Amostra de Domicílios do Distrito Federal) busca, com uma pesquisa domiciliar por amostragem estatística, investigar a situação socioeconômica, demográfica e de moradia dos residentes de áreas urbanas das Regiões Administrativas do Distrito Federal. A pesquisa é bianual e já havia sido feita também em 2004 e a de 2015/2016 acabou de ser concluída, mas apenas os microdados de 2011 e 2013 foram divulgados.

Os microdados foram distribuídos como dois arquivos “.csv” (para moradores e domicílios respectivamente) e duas planilhas do Excel com o “dicionário” desses dados. Isso se faz necessário uma vez que as planilhas de microdados contém apenas valores numéricos e, portanto, o dicionário serve como referência para a conversão desses valores para suas contrapartes textuais quando a variável em questão não for numérica.

Em conjunto, as pesquisas de 2011 e 2013 tiveram a seguinte quantidade de dados na sua amostragem:

Tabela 1 - Quantidade de entradas de dados por unidade de pesquisa e ano (RORIZ, 2016)

Unidade	2011	2013	TOTAL
Domicílio	22918	25302	48220
Morador	82047	85797	167844
TOTAL	104965	111099	216064

Já em termos de quantidade de variáveis analisadas na pesquisa, houve o seguinte número:

Tabela 2 - Quantidade de variáveis de análise por tipo de variável e unidade de pesquisa (RORIZ, 2016)

Unidade	Tipo de Variável	Quantidade	TOTAL
Domicílio	Benefícios Sociais	15	128
	Características da Unidade Domiciliar	38	
	Características Gerais	1	
	Cultura e Lazer	7	
	Deslocamento	6	
	Inventário de Bens	41	
	População	2	
	Serviços Domiciliares	12	
	Trabalho e Rendimento	6	
Morador	Benefícios Sociais	1	47
	Características Gerais	8	
	Cultura e Lazer	13	
	Deslocamento	3	
	Educação	2	
	Migração	5	
	População	1	
	Saúde	1	
	Trabalho e Rendimento	13	
TOTAL	Todas	175	175

Considerando a quantidade de entradas e variáveis, portanto, em seus microdados o PDAD contém mais de 14 milhões de valores a serem analisados nesses dois anos no total.

– **Uso no projeto:**

Com esse grande volume de dados e variáveis que o PDAD oferece, então, este se tornará um exemplo de análise de “*big data*” discutido anteriormente. Ainda que tenha sido visionado para o planejamento de políticas públicas, este reúne uma grande variedade de informações de grande utilidade para o planejamento de projetos de construção civil tanto na esfera pública quanto privada a serem analisados dentro deste projeto final de graduação. Seu uso se manifestará no final como uma *dashboard* de BI (*Business Intelligence*) e será analisada dentro do contexto da resolução espacial de seus dados, que se trata das regiões administrativas do DF.

• **Mapa de Divisas de RAs:**

- **Tipo:** SIG Vetorial (poligonais);
- **Detentor:** Companhia de Planejamento do Distrito Federal (CODEPLAN);
- **Ano dos dados:** 2013;
- **Fonte:** <http://catalogo.mapa.codeplan.df.gov.br:80/geoserver/wfs>

– **Descrição:**

Uma vez que o Distrito Federal ainda não possui uma delimitação oficial das divisas de suas regiões administrativas (segundo o IBGE ainda há apenas 19 RAs ao invés das 31 que existem desde 2012), a CODEPLAN criou esse mapa para servir como referência no mapeamento dos dados do PDAD.

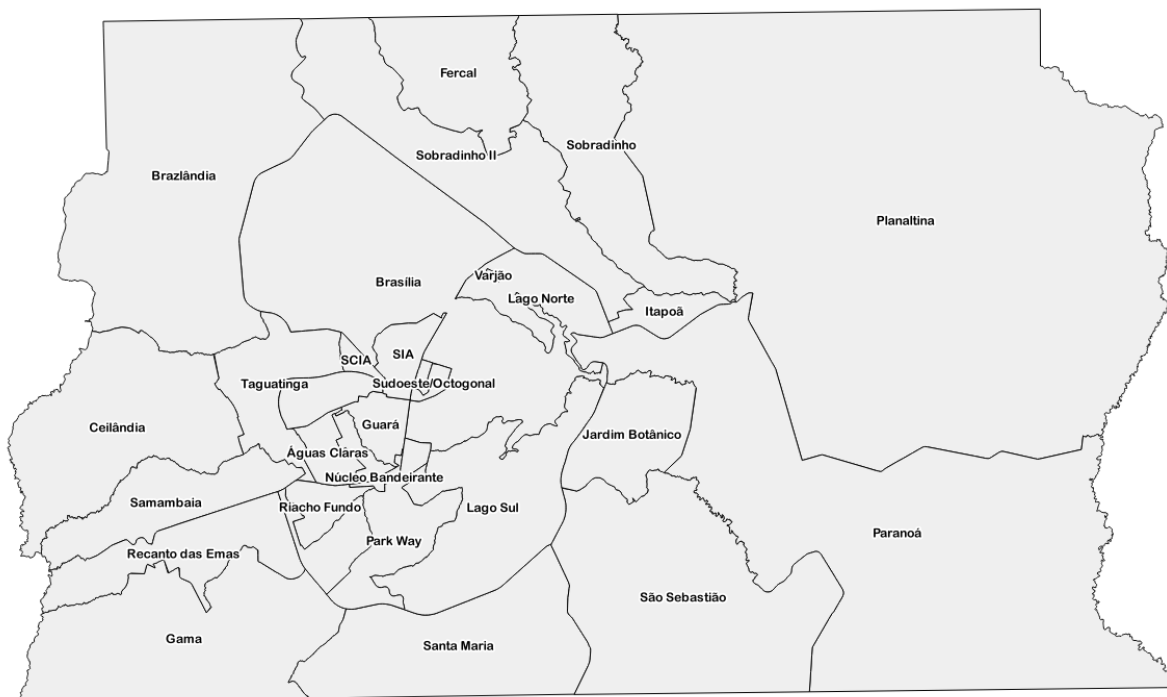


Figura 16 – Mapa de divisas de RAs do DF usado para o PDAD (CODEPLAN, 2013)

– **Uso no Projeto:**

Esse mapa servirá de base para todos os cruzamentos de dados espaciais na escala do DF e, com isso, possibilitará o agregamento espacial de dados dentro das unidades de RAs e sua consequente comparação com outras variáveis dentro da mesma escala espacial.

• **Mapas de Bacias Hidrográficas do DF:**

- **Tipo:** SIG Vetorial (poligonais);
- **Detentor:** Companhia de Planejamento do Distrito Federal (CODEPLAN);
- **Ano dos dados:** desconhecido (o mais recente);
- **Fonte:** <http://catalogo.mapa.codeplan.df.gov.br:80/geoserver/wfs>
- **Descrição:**

Tal mapa apresenta a divisão do DF em termos de unidade hidrológicas existentes dentro de seu território.

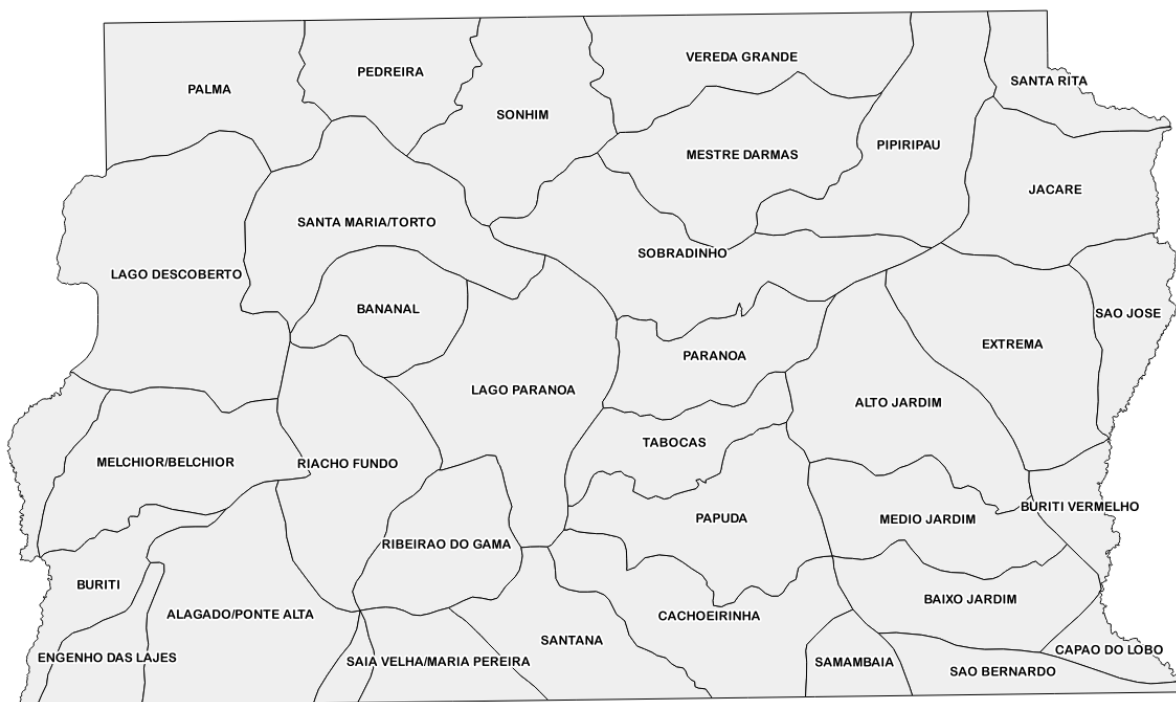


Figura 17 – Mapa de divisas de Unidades Hidrológicas do DF (CODEPLAN, 2016)

– **Uso no Projeto:**

Esse mapa será uma das bases comparativas na referência espacial no cruzamento de dados da linha temporal dos mapas de cobertura do solo do Distrito Federal.

• **Mapas de Cobertura do Solo do DF:**

- **Tipo:** SIG Vetorial (poligonais);
- **Detentor:** Companhia de Planejamento do Distrito Federal (CODEPLAN);
- **Ano dos dados:** 1984 a 2015 (exceto 2002 e 2012);
- **Fonte:** <http://catalogo.mapa.codeplan.df.gov.br:80/geoserver/wfs>
- **Descrição:**

Tais mapas apresentam a segmentação do território do DF em termos da cobertura de seu solo, que se apresenta dentro das categorias seguintes:

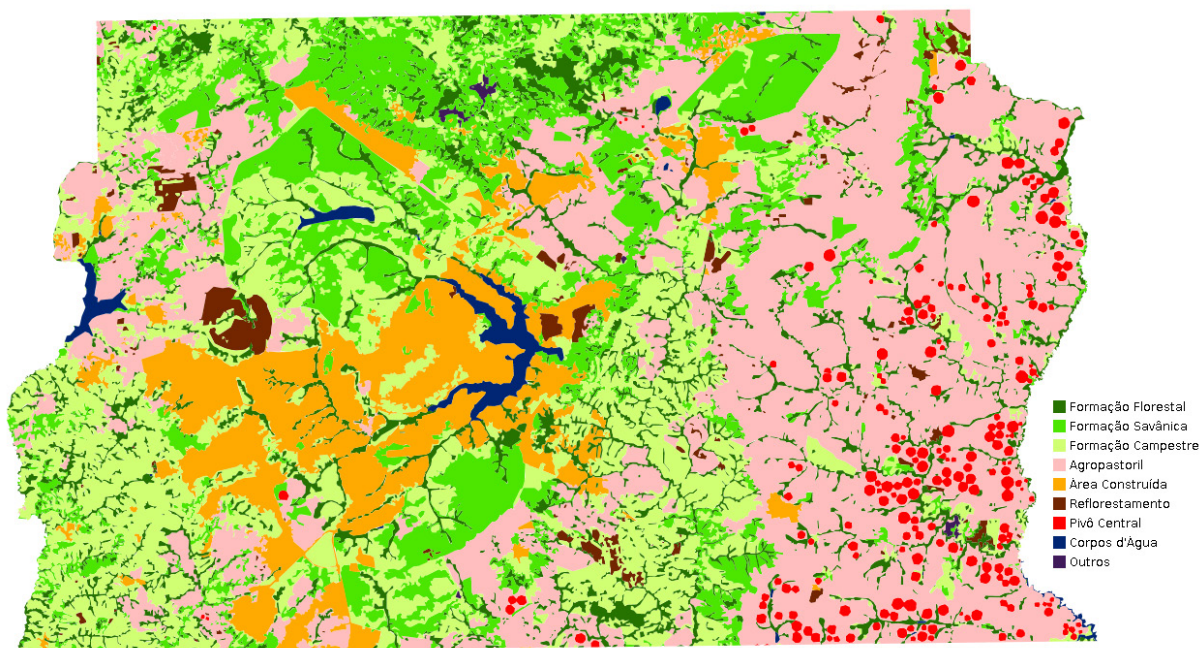


Figura 18 – Mapa de Cobertura do Solo do DF em 2015 (CODEPLAN, 2015)

– **Uso no Projeto:**

Tais mapas servirão com variável de cruzamento de dados para avaliar o quão propícia certa região é para determinadas atividades.

• **Ortofoto 2016:**

– **Tipo:** SIG Raster (colorida de 8bits, resolução máxima do pixel de 13,2cm);

– **Detentor:** Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação (SEGETH);

– **Ano dos dados:** 2016;

– **Fonte:** http://www.geoservicos.segeth.df.gov.br/ArcGIS/rest/services/Basemap/Foto_2016/MapServer

– **Descrição:**

Esta se trata de um mosaico de imagens aéreas do DF referentes ao ano de 2016 ortorretificadas e georreferenciadas.



Figura 19 – Ortofoto de 2016 da CODEPLAN (CODEPLAN, 2016)

– **Uso no Projeto:**

A imagem em questão será utilizada como um mapa base de contextualização dos dados SIG de alguns dos produtos deste projeto final.

• **Pontos de Interesse Público:**

- **Tipo:** SIG Vetorial (pontos);
- **Detentor:** Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação (SEGETH);
- **Ano dos dados:** 2016;
- **Fonte:** <http://www.geoservicos.segeth.df.gov.br/ArcGIS/rest/services/>
- **Descrição:**

Este tópico, na realidade, engloba as seis categorias de dados descritas a seguir:

Tabela 3 – Camadas de dados de pontos de interesse público (RORIZ, 2016)

Camadas de Dados
Educação
Esporte
Saúde
Segurança
Pontos de Ônibus
Pontos de Metro

Tais camadas, desta forma, descrevem a localização pontual de diversos itens de interesse público como escolas, hospitais, postos de saúde, quadras esportivas, postos policiais e pontos de transporte público dentre outros.

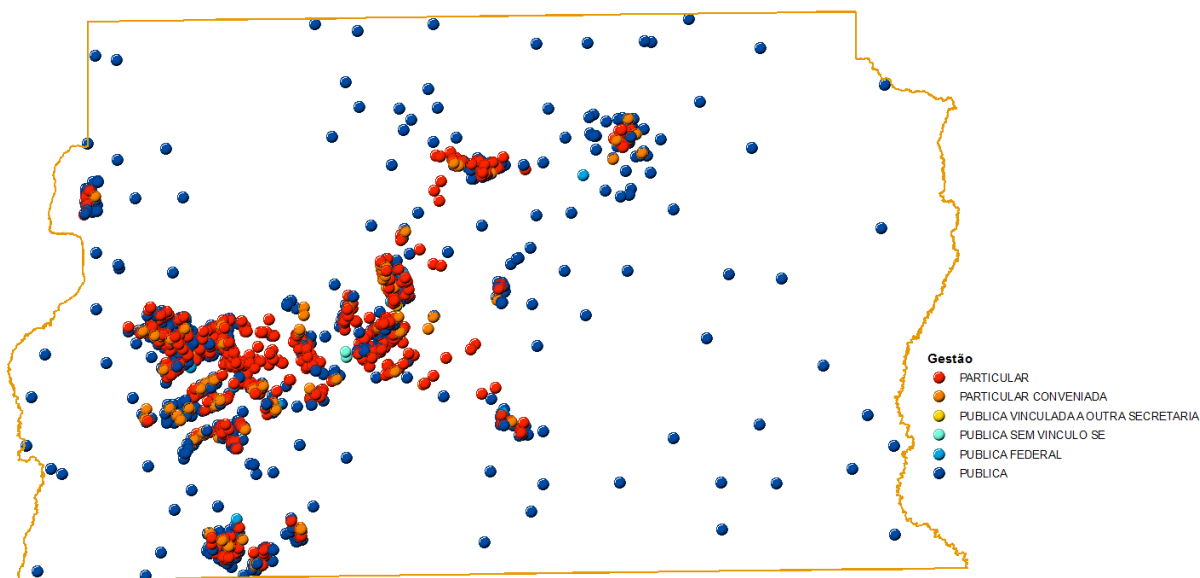


Figura 20 – Mapa de Escolas do DF (SEGETH, 2016)

– **Uso no Projeto:**

As camadas anteriormente referidas serão utilizadas no cruzamento de dados com outros mapas para a averiguação da disponibilidade destes diversos serviços dentro das regiões administrativas do DF.

• **Mapa de Sensibilidade a Erosão:**

- **Tipo:** SIG Vetorial (poligonais);
- **Detentor:** Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação (SEGETH);
- **Ano dos dados:** desconhecido (mais recente);
- **Fonte:** <http://www.geoservicos.segeth.df.gov.br/ArcGIS/rest/services/>
- **Descrição:**

Este mapa avalia a sensibilidade do solo a erosão numa escala que vai de 1 (menos suscetível a erosão) a 5 (mais suscetível a erosão).

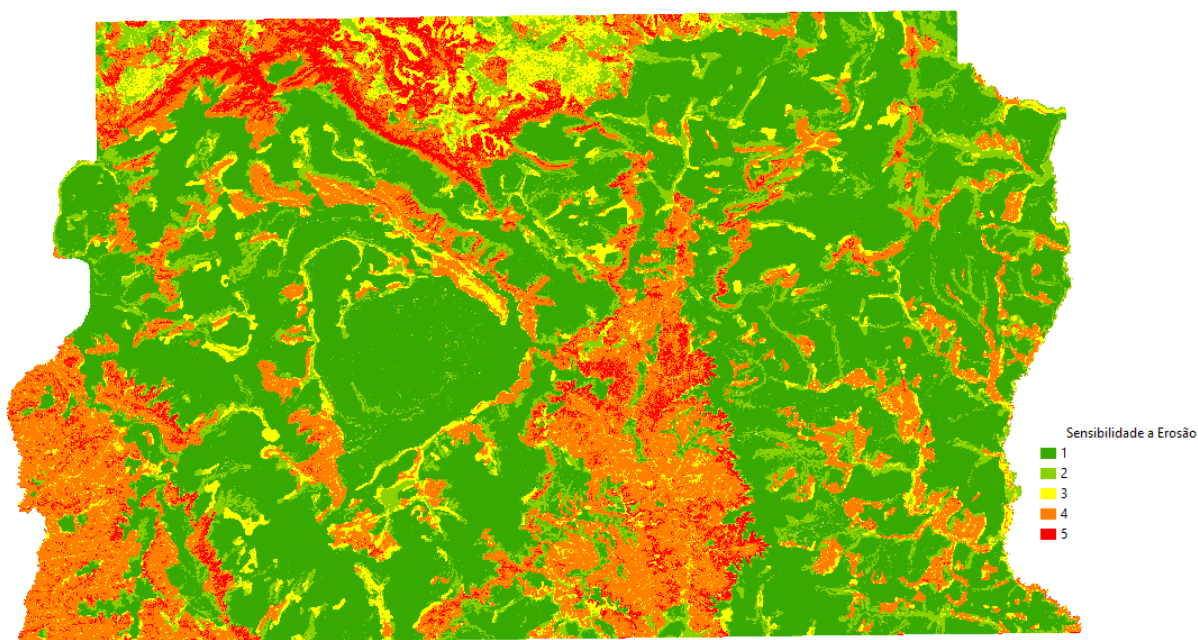


Figura 21 – Mapa de sensibilidade a erosão no DF (SEGETH, 2016)

– **Uso no Projeto:**

A camada descrita será de grande importância uma vez que avalia um fator que afeta profundamente atividades da construção civil e, sendo uma vetorial poligonal de todo o DF, poderá ser utilizada no cruzamento de dados tanto na escala espacial do DF quanto na do loteamento a ser analisado neste projeto final.

• **Loteamento Quintas de Interlagos:**

- **Tipo:** CAD (linhas e polilinhas);
- **Detentor:** Administração do Condomínio Quintas de Interlagos;
- **Ano dos dados:** 2011;
- **Fonte:** obtenção pessoal.
- **Descrição:**

Este documento CAD foi obtido por intermédio da disciplina de Sistemas Hidráulicos de Saneamento (SHS) ministrada na UnB e descreve aspectos de topografia, urbanismo e dados da administração do condomínio Quintas de Interlagos, situado na Estrada do Sol na região administrativa do Jardim Botânico (segundo a divisão do PDAD).

Especificamente, este documento contém desenhos técnicos do loteamento nas seguintes categorias:

Tabela 4 – Categorias de camadas de desenho presentes nos arquivos CAD do loteamento (RORIZ, 2016)

Camadas de Dados
Curvas de Nível
Hidrologia
Lotes
Quadras
Perímetro
Ruas
Calçadas
Edificações
Sistema de Abastecimento de Água
Sistema de Distribuição de Energia e Iluminação

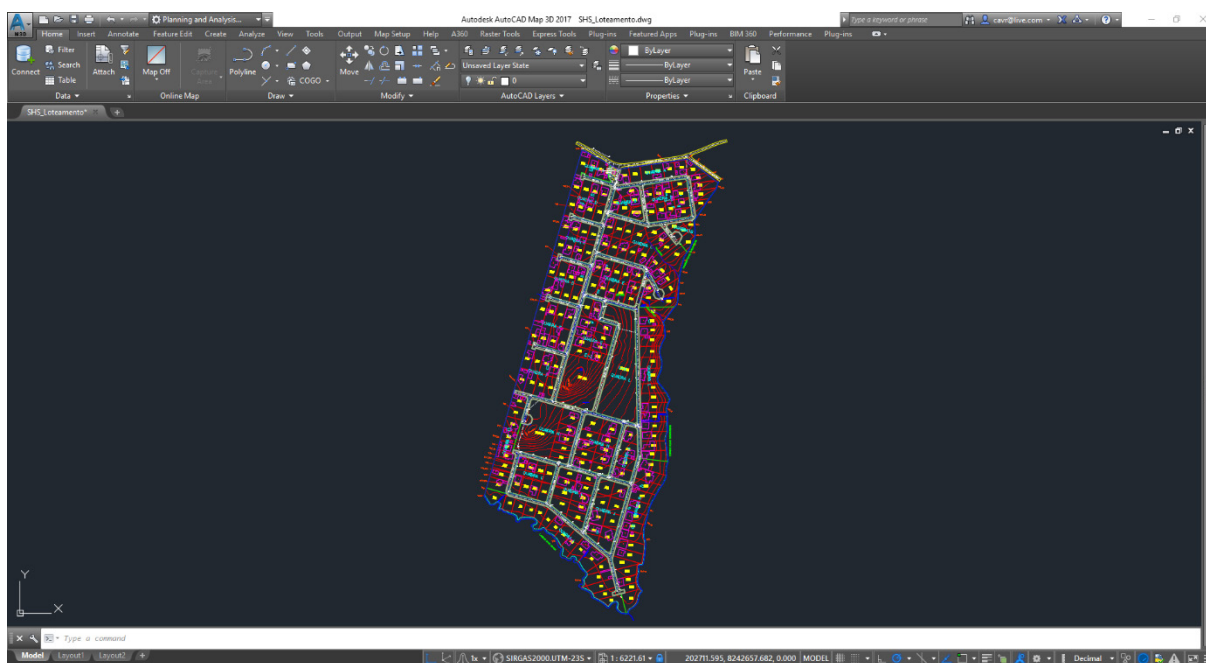


Figura 22 – Projeto do loteamento Quintas de Interlagos em CAD (RORIZ, 2016)

– Uso no Projeto:

O loteamento referido será usado como uma espécie de situação problema a ser analisada, avaliando os diversos problemas encontrados em seu projeto a partir do cruzamento de dados com sua área.

- **Edificação:**
 - **Tipo:** BIM (modelo 3D do Revit);
 - **Detentor:** Própria;
 - **Ano dos dados:** 2011;
 - **Fonte:** Própria.
 - **Descrição:**

Este arquivo do Revit se trata de uma modelagem feita para as disciplinas de Instalações Prediais Elétricas e Sistemas Hidráulicos Prediais, ambas ministradas na UnB. Tal modelagem representa uma edificação de dois pavimentos e contempla os projetos arquitetônico, hidrossanitário, elétrico e telefônico. Por se tratar de um projeto BIM integrado, este já possui todos os seus sistemas devidamente compatibilizados e quantificados.

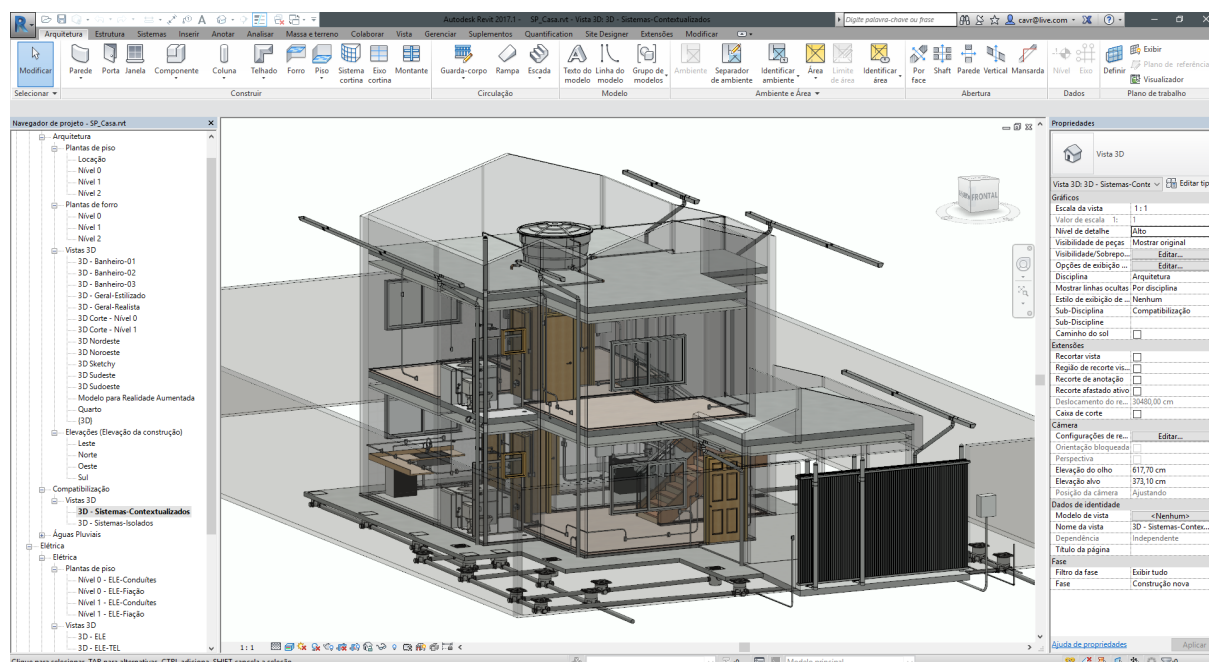


Figura 23 – Modelo BIM em Revit das instalações prediais na edificação (RORIZ, 2016)

– **Uso no Projeto:**

O referido modelo de edificação, com todos seus sistemas devidamente modelados, servirá para a contextualização dos elementos de construção civil de uma escala micro numa escala mais macro do loteamento.

- **Resumo dos Dados:**

Resumidamente, os dados utilizados na confecção deste projeto final, segundo sua escala espacial de uso e agrupados de acordo com sua fonte são os seguintes:

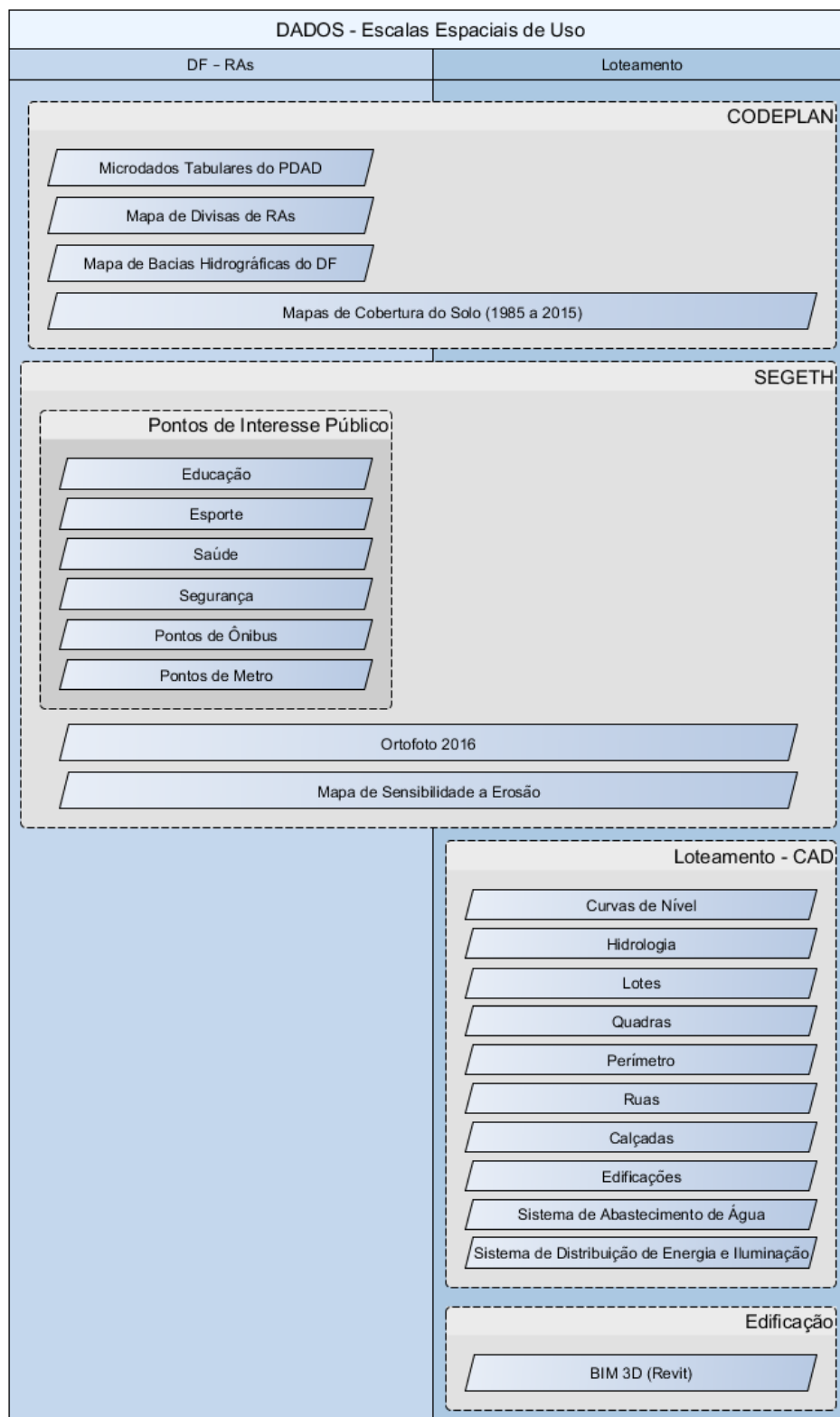


Figura 24 – Resumo dos dados utilizados em suas respectivas escalas espaciais de uso (RORIZ, 2016)

3.2. METODOLOGIA

Com o intuito de avaliar as potencialidades de uso em diferentes áreas de atuação e escalas espaciais das várias ferramentas computacionais disponíveis e mencionadas anteriormente, propôs-se o seguinte fluxo de trabalho envolvendo os dados também já citados:

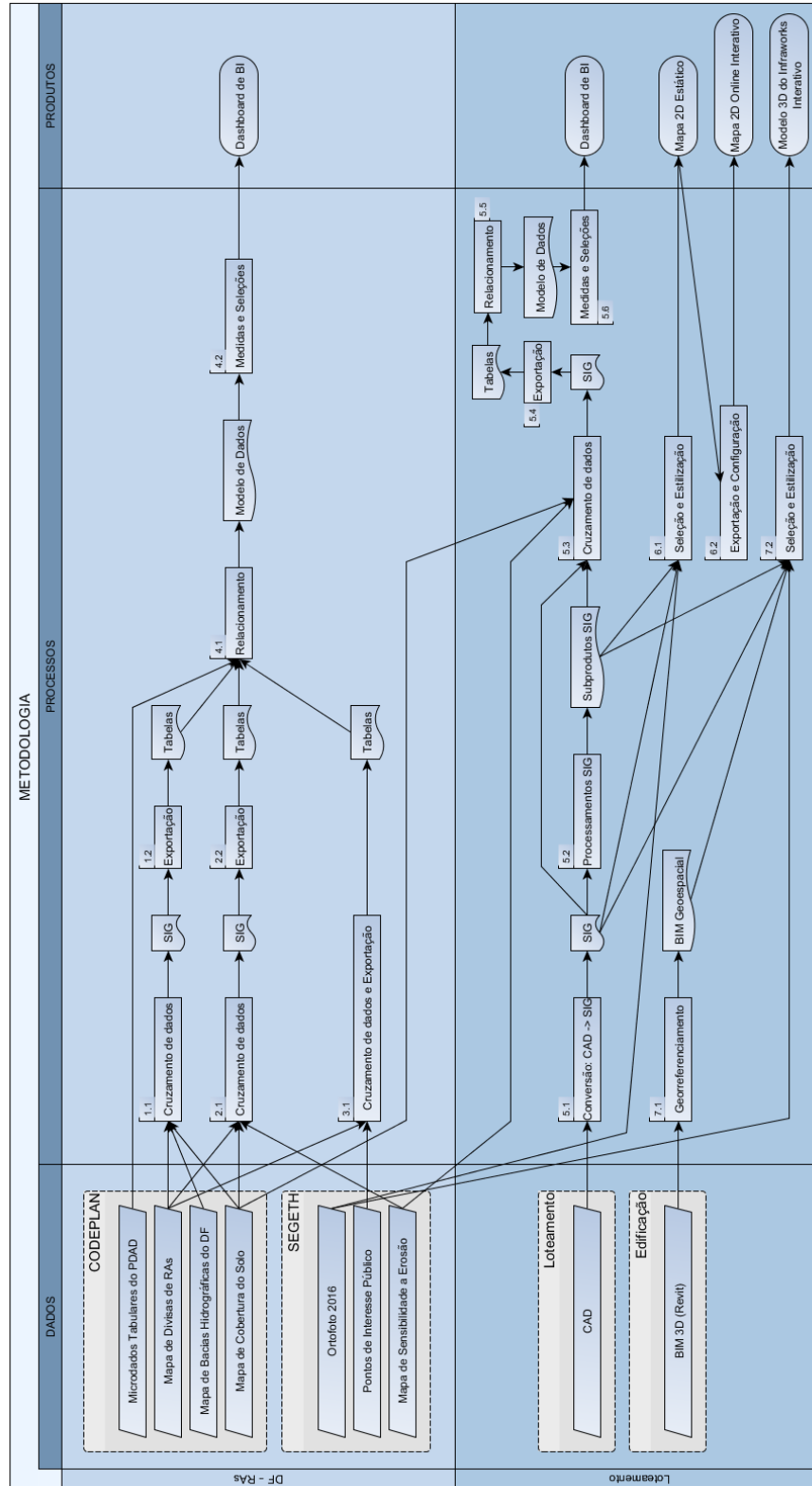


Figura 25 – Fluxo de trabalho da metodologia separada em etapas e escalas espaciais (RORIZ, 2016)

O fluxograma apresentado anteriormente, dessa forma, apresenta como os diferentes dados previamente referidos são combinados por meio de diferentes processos para a obtenção dos desejados produtos finais. Tais processos resumidos com este gráfico, dessa forma, manipulam dados de ambas as escalas mais macro do DF quanto a mais micro do loteamento analisado para a confecção de produtos que auxiliem na tomada de decisões de projeto nas escalas espaciais referidas. Cada produto possui sua particularidade e, com isso, oferece diferentes abordagens para a extração de informações úteis para o planejamento na construção civil.

Com o fluxograma anterior que representa resumidamente o fluxo de trabalho metodológico desse projeto final, segue adiante o detalhamento de cada um dos processos neste numerados.

3.2.1. PROCESSO 1.1 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO

Neste item do fluxograma ocorre o seguinte processo detalhadamente:

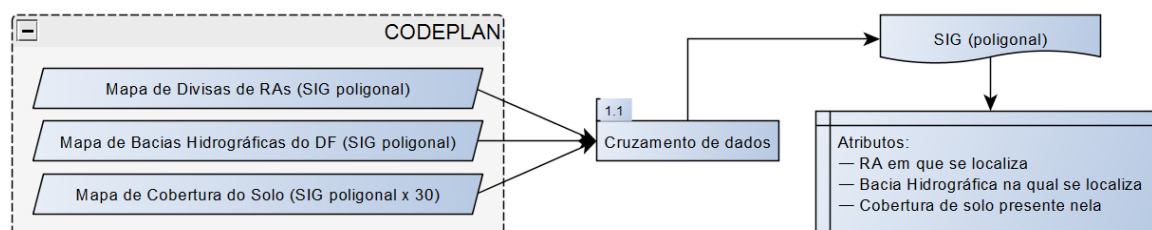


Figura 26 – Processo 1.1 – Fluxograma (RORIZ, 2016)

- **Dados de entrada:**

Para este cruzamento de dados fez-se uso do mapa de divisas de RAs do DF, o mapa de bacias hidrográficas do DF e o todos os mapas de coberturas de solo (1984 a 2015, exceto 2002 e 2012).

- **Transformação:**

Como todos os dados de entrada tem a mesma área (limite do DF), utilizou-se a ferramenta “*Intersect*” do ArcGIS para realizar a intersecção das camadas.

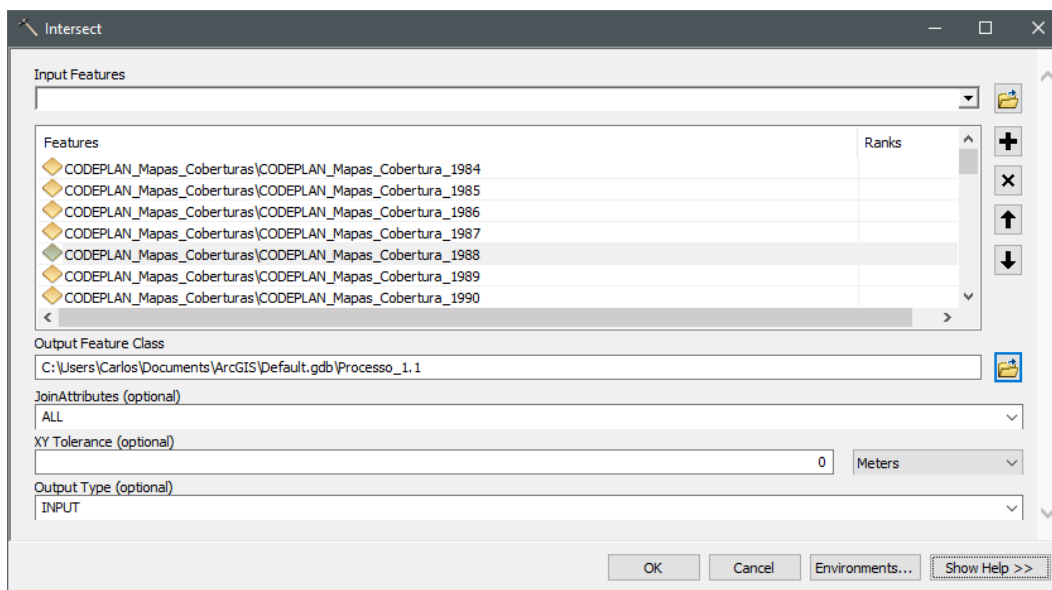


Figura 27 – Processo 1.1 – Intersecção de dados no ArcGIS (RORIZ, 2016)

- **Dados de saída:**

Como resultado, então, obteve-se uma camada SIG poligonal com as informações de RA, bacia hidrográfica e cobertura de solo para cada ano de 1984 a 2015 (exceto 2002 e 2012).

3.2.2. PROCESSO 1.2 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO

Neste item do fluxograma ocorre o seguinte processo detalhadamente:

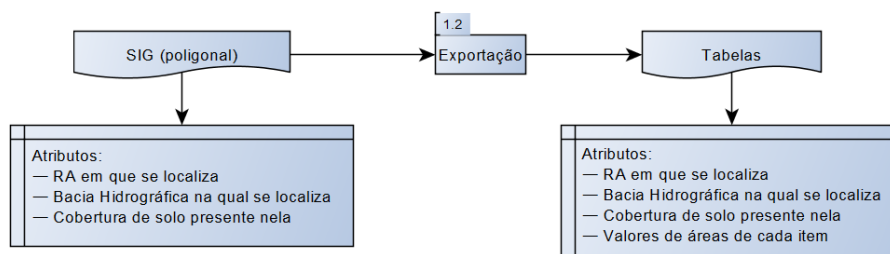


Figura 28 – Processo 1.2 – Fluxograma (RORIZ, 2016)

- **Dados de entrada:**

A poligonal anteriormente criada com seus respectivos atributos já discutidos.

- **Transformação:**

Esse processo basicamente extrai os atributos tabulados dentro da SIG poligonal para um formato tabular como “xls” ou “csv”. Para isto pode-se usar o “Save as” do QGIS, por exemplo:

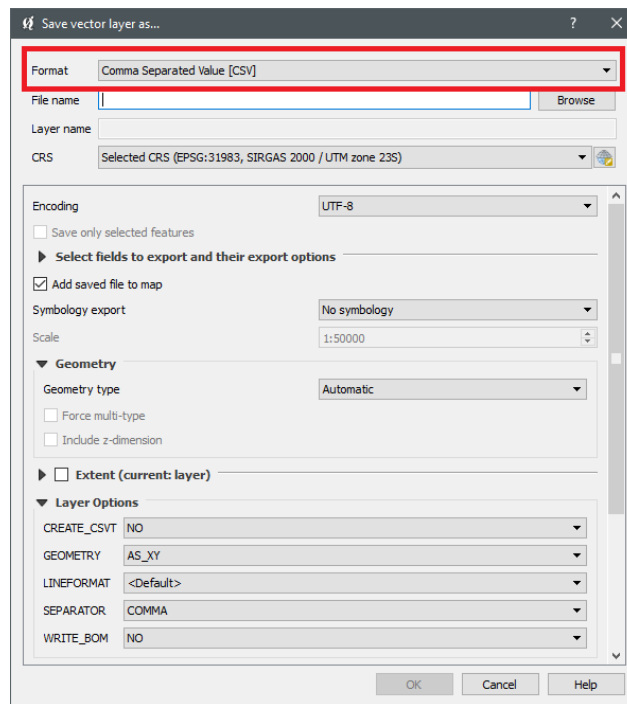


Figura 29 – Processo 1.2 – Exportação de dados como CSV (RORIZ, 2016)

- **Dados de saída:**

Como resultado, então, obteve-se um documento tabular com os atributos referidos e os valores de áreas de cada item do SIG para então serem analisados em um programa apropriado.

3.2.3. PROCESSO 2.1 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO

Neste item do fluxograma ocorre o seguinte processo detalhadamente:

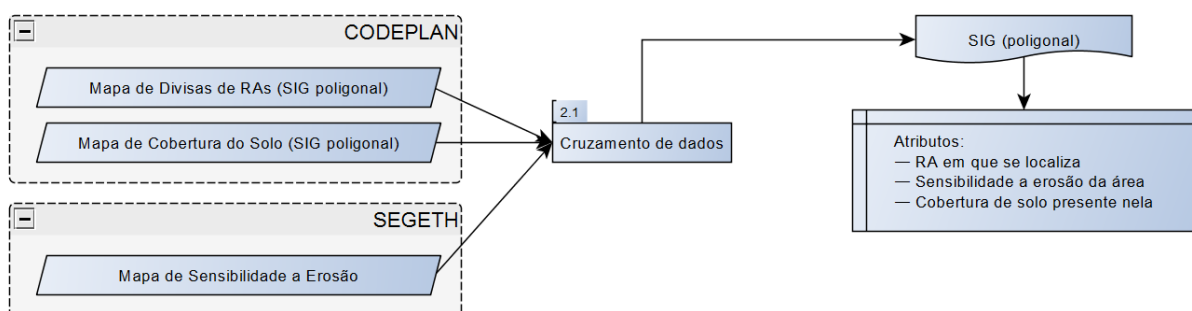


Figura 30 – Processo 2.1 – Fluxograma (RORIZ, 2016)

- **Dados de entrada, Transformação e dados de saída:**

Este processo todo é análogo ao processo 1.1, então só mudam os dados de entrada e os atributos de saída. Vale observar que neste caso usou-se apenas a cobertura do solo de 2015.

3.2.4. PROCESSO 2.2 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO

Neste item do fluxograma ocorre o seguinte processo detalhadamente:

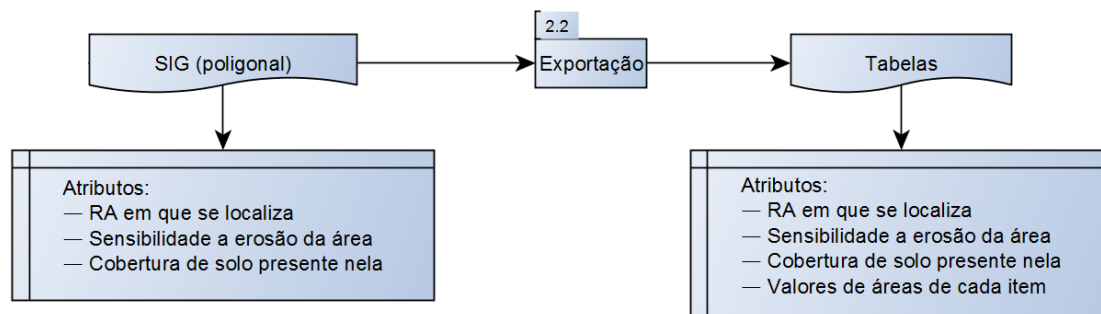


Figura 31 – Processo 2.2 – Fluxograma (RORIZ, 2016)

- **Dados de entrada, transformação e dados de saída:**

Este processo é análogo ao processo 1.2, então só mudam os dados de entrada e os atributos de saída.

3.2.5. PROCESSO 3.1 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO

Neste item do fluxograma ocorre o seguinte processo detalhadamente:

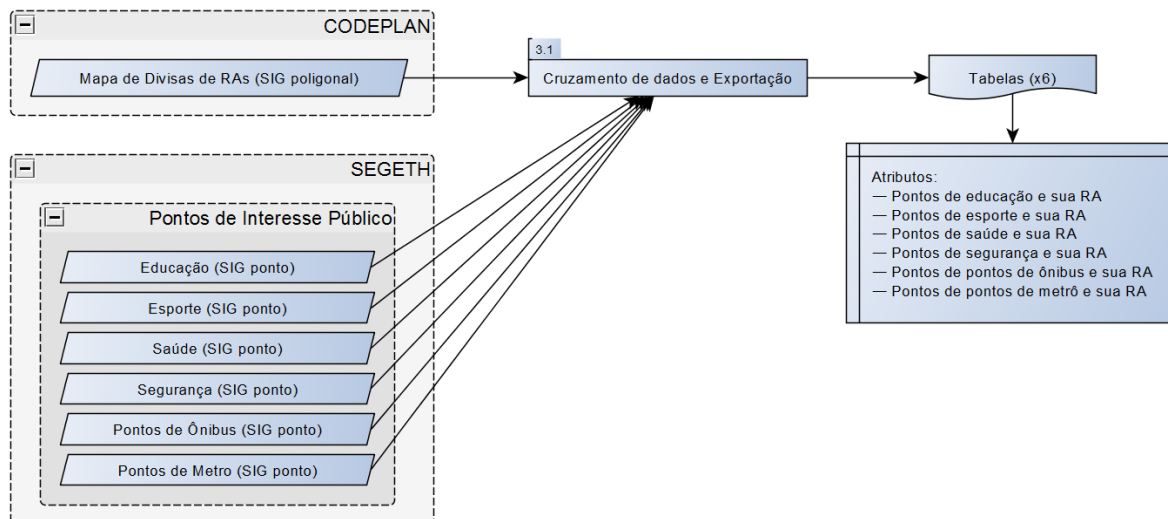


Figura 32 – Processo 3.1 – Fluxograma (RORIZ, 2016)

- **Dados de entrada:**

Para este cruzamento de dados fez-se uso do mapa de divisas de RAs do DF e as 6 camadas de pontos de interesse listadas na figura acima.

- **Transformação:**

Como desta vez temos o cruzamento de pontos com uma área, fez-se uso do FME Desktop e a ferramenta “*Spatial filter*” para que este inserisse os dados dos atributos da RA em cada um dos pontos das camadas, desde que este estivesse contido dentro da poligonal da respectiva RA. Feito isso, usou-se um “*Writer*” para exportar os atributos em seis planilhas diferentes para cada camada.

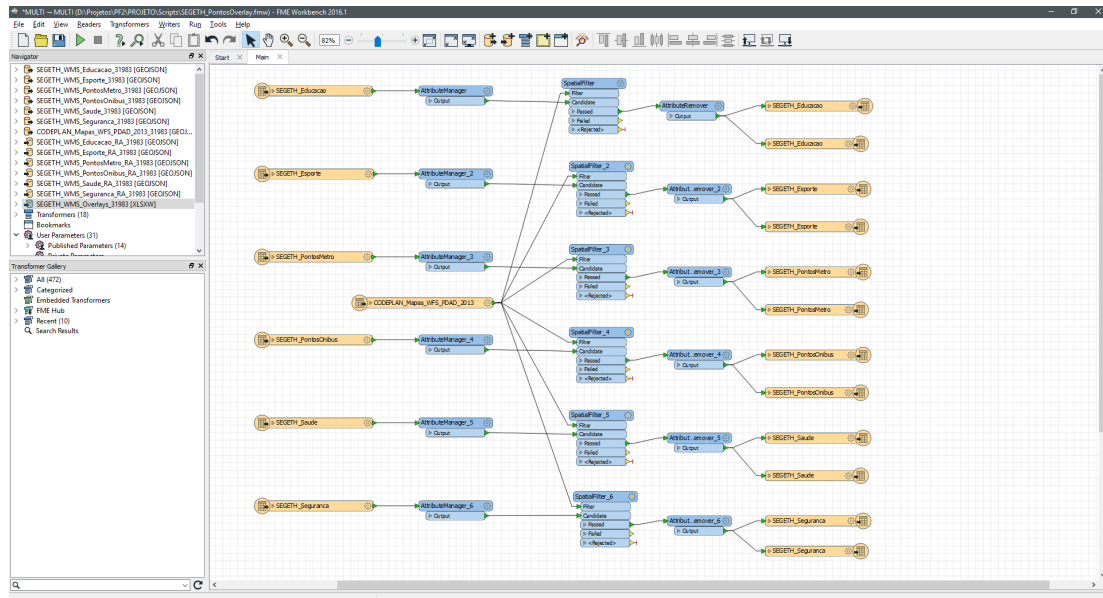


Figura 33 – Processo 3.1 – Intersecção de dados no FME Desktop com o “*Spatial filter*” (RORIZ, 2016)

- **Dados de saída:**

Como resultado, então, obteve-se seis planilhas, cada uma com os atributos de pontos de cada camada, desta vez com a informação de sua RA.

3.2.6. PROCESSO 4.1 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO

Neste item do fluxograma ocorre o seguinte processo detalhadamente:

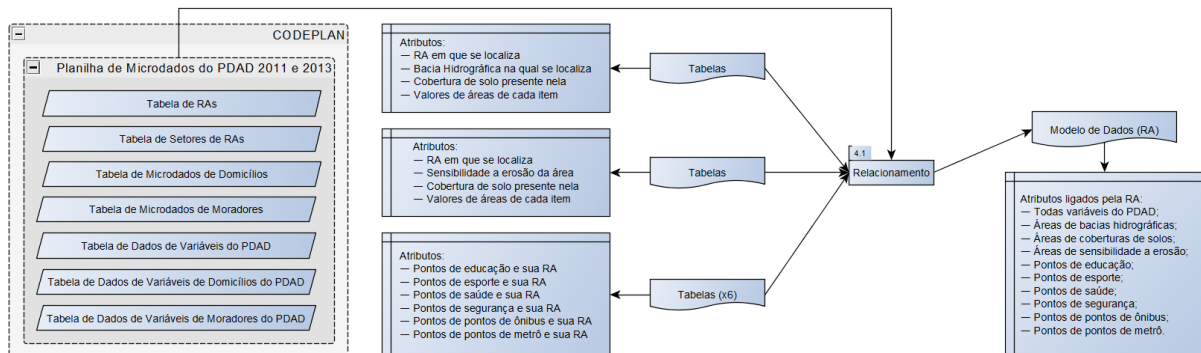


Figura 34 – Processo 4.1 – Fluxograma (RORIZ, 2016)

- **Dados de entrada:**

Como entrada de dados, usou-se as tabelas geradas pelos processos 1.2, 2.2 e 3.2 anteriormente discutidos.

- **Transformação:**

Com todas as tabelas criadas e com suas colunas corretamente configuradas para o tipo de variável em questão (número, texto ou data), importou-se estas no programa Power BI. Para definir o modelo de dados dele, então, basta fazer a vinculação lógica de variáveis relacionando as diversas tabelas com a tabela de RAs central através do atributo pertinente em cada caso.

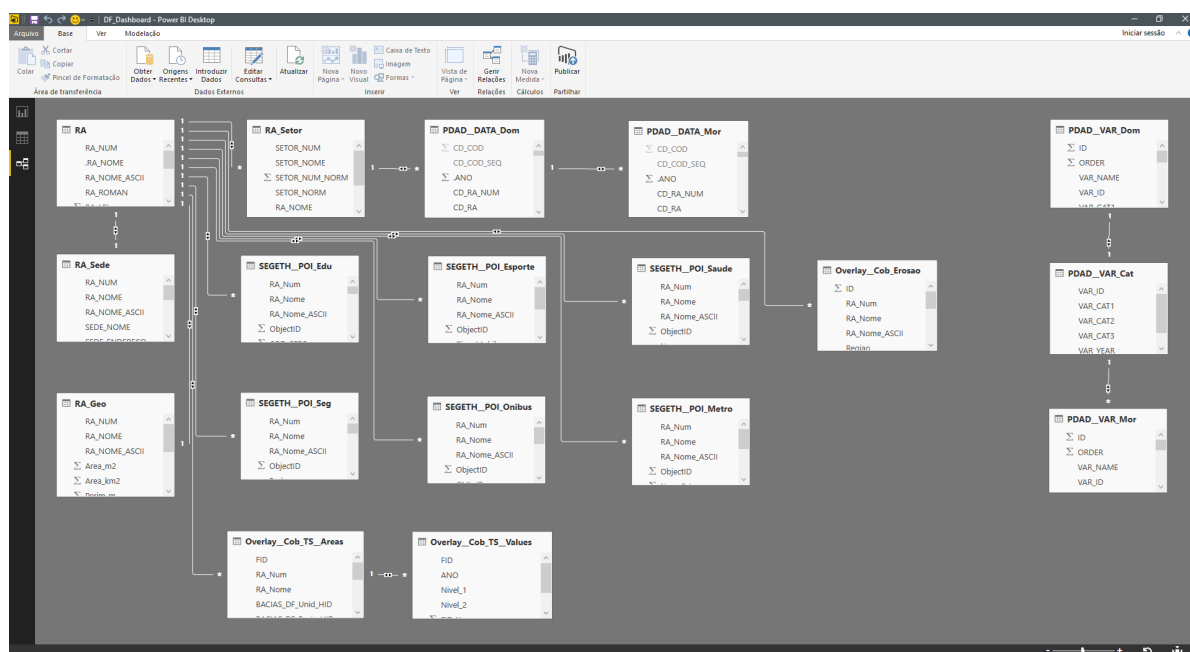


Figura 35 – Processo 4.1 – Modelo de dados estruturado em torno da RA como variável em comum central para posterior análise (RORIZ, 2016)

- **Dados de saída:**

Como resultado, então, obteve-se o modelo de dados com suas diversas variáveis ligadas a unidade central de análise que são as RAs.

3.2.7. PROCESSO 4.2 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO

Neste item do fluxograma ocorre o seguinte processo detalhadamente:

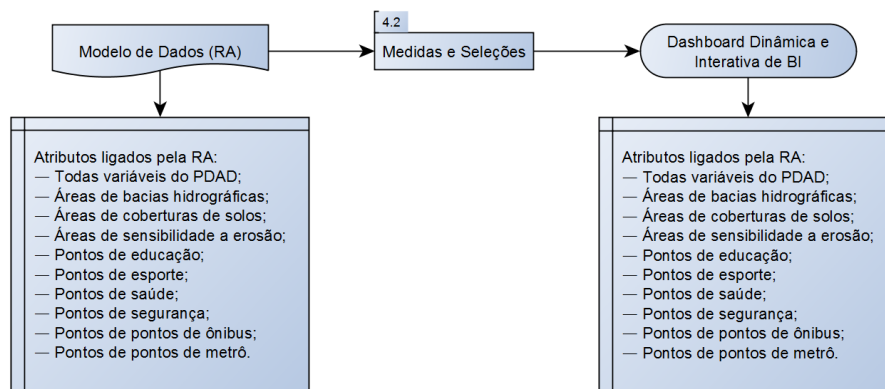


Figura 36 – Processo 4.2 – Fluxograma (RORIZ, 2016)

- **Dados de entrada:**

Como entrada de dados, usou-se o modelo de dados criado no Power BI anteriormente descrito.

- **Transformação:**

Com o modelo de dados já criado dentro do Power BI, agora só foi uma questão de escolher um tópico a ser abordado, selecionar as variáveis pertinentes para sua análise, inseri-las dentro do espaço das páginas da *dashboard* e configurar sua aparência visual.

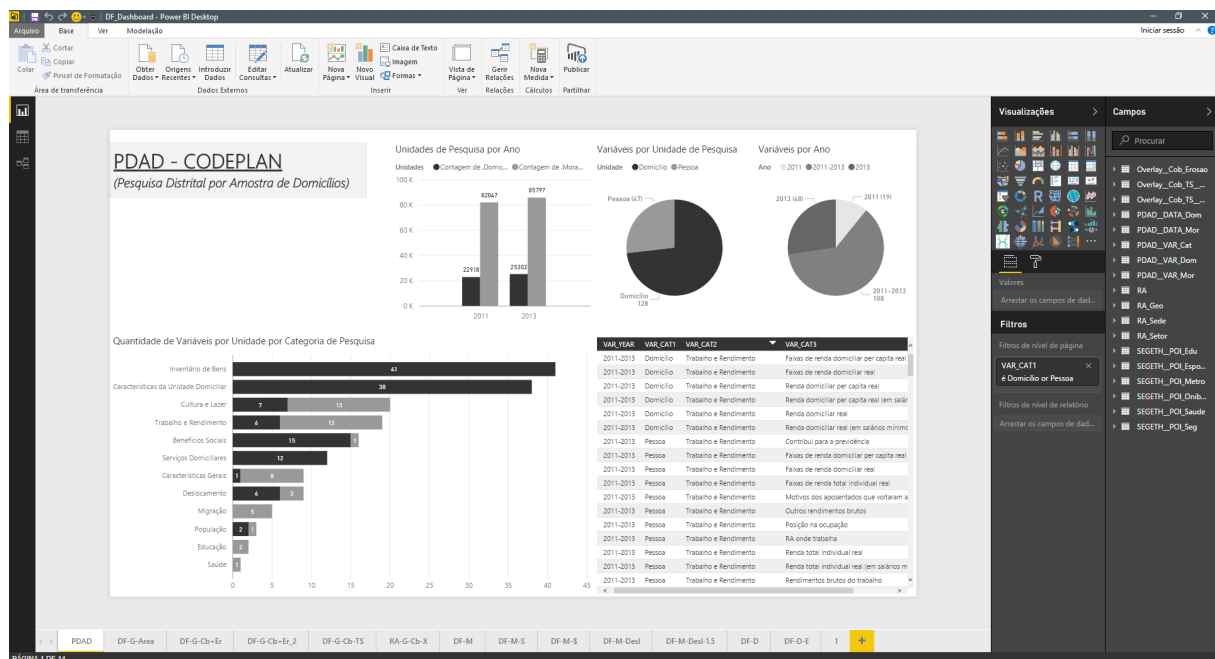


Figura 37 – Processo 4.2 – Página de montagem das dashboards interativas com suas opções de customizações de variáveis e visuais (RORIZ, 2016)

- **Dados de saída:**

Como resultado, então, finalmente obteve-se o produto final da *dashboard* de BI interativa para a análise das variáveis no âmbito espacial das regiões administrativas do DF.

3.2.8. PROCESSO 5.1 e 5.2 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO

Neste item do fluxograma ocorre o seguinte processo detalhadamente:

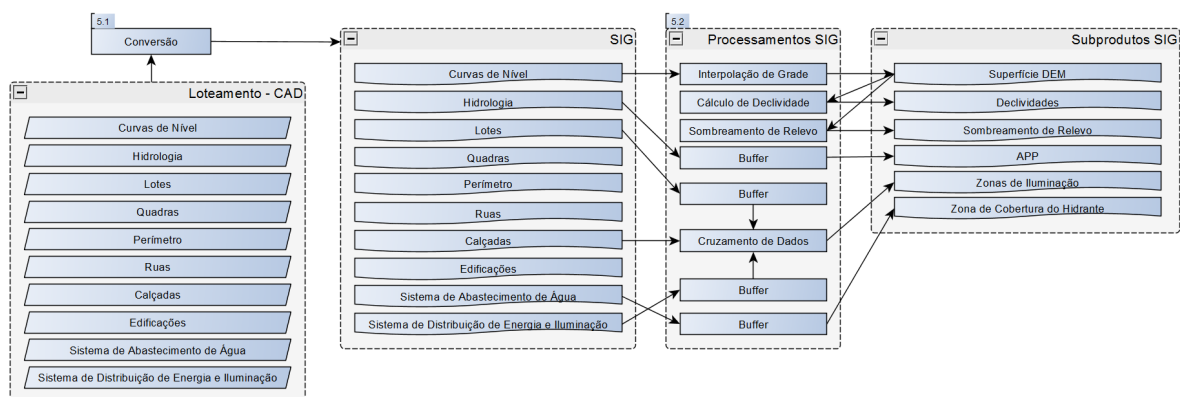


Figura 38 – Processos 5.1 e 5.2 – Fluxograma (RORIZ, 2016)

- **Dados de entrada:**

Como entrada de dados, usou-se o arquivo CAD do Loteamento Quintas de Interlagos.

- **Transformação:**

Em termos de conversão de arquivos CAD sem atributos para arquivos SIG com atributos, utilizou-se uma combinação de AutoCAD Map 3D e FME Desktop. O primeiro foi usado para a criação manual de atributos nos elementos CAD através dos “*Object data*” do programa, enquanto que o FME foi usado na automação do processo quando possível através de transformadores como “*Spatial filters*” e “*Neighbor finder*”. Os “*Object data*” do Map 3D foram usados para elementos sem legendas no CAD original, enquanto que o FME foi usado quando estes estavam presentes.

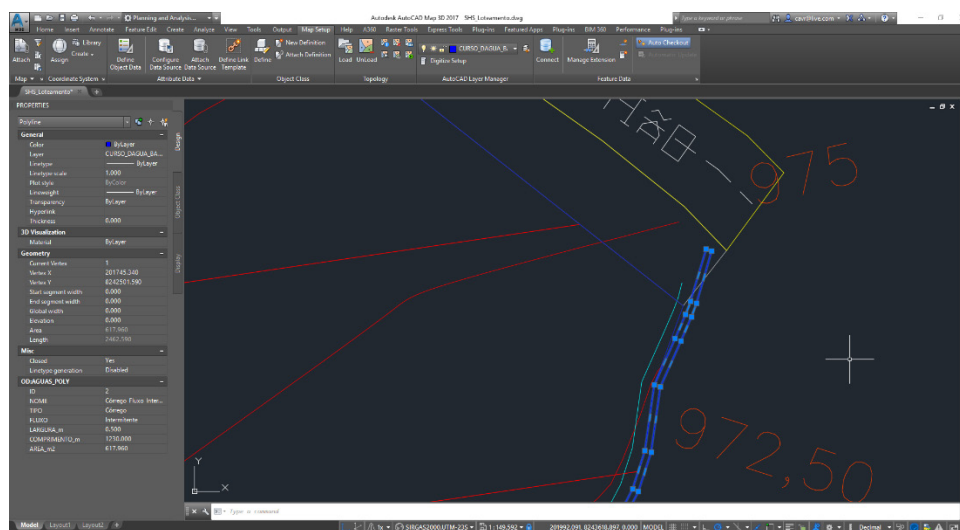


Figura 39 – Processos 5.1 e 5.2 – Criação de atributos para elementos CAD no AutoCAD Map 3D com “Object data” (RORIZ, 2016)

Após a conversão dos elementos CAD em SIG, então, gerou-se uma superfície DEM no FME Desktop com o “*DEM Generator*” a partir das curvas de nível, que, por sua vez, foi usada para gerar as declividades e o sombreado de relevo com o “*RasterSlopeGenerator*” e o “*RasterHillshader*” respectivamente. Posteriormente, com as linhas hidrológicas e a ferramenta de *buffer* do FME Desktop, gerou-se as zonas de APP; com o dado de posição do hidrante gerou-se sua zona de cobertura; e com uma combinação dos *buffers* dos lotes, *buffers* dos postes de iluminação e camada de calçadas, gerou-se as áreas de calçada por lote que são devidamente iluminadas.

Figura 40 – Processos 5.1 e 5.2 – Conversão de dados e geração dos subprodutos SIG com o FME (RORIZ, 2016)

3.2.9. PROCESSO 5.3 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO

54

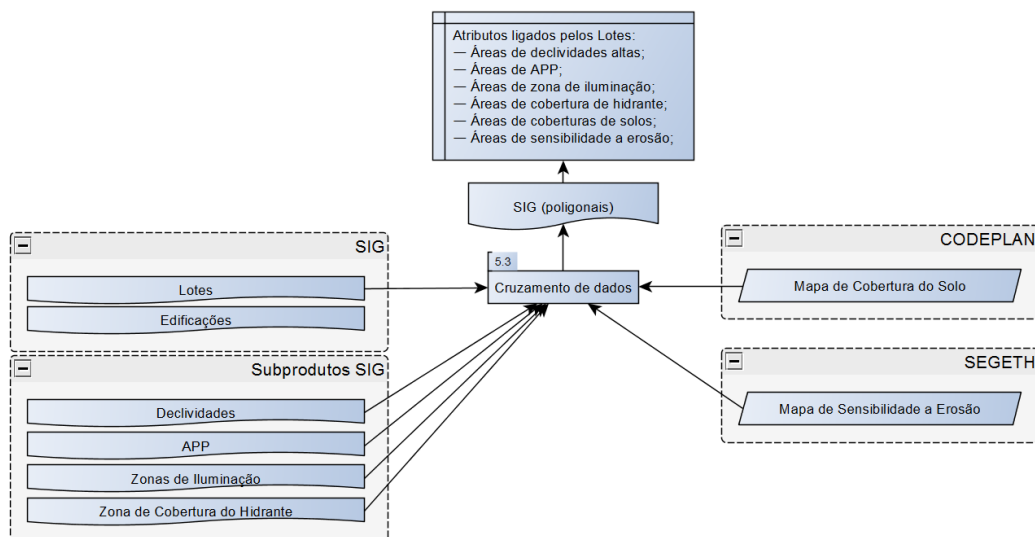


Figura 41 – Processo 5.3 – Fluxograma (RORIZ, 2016)

- **Dados de entrada:**

Como entrada de dados, usou-se os subprodutos SIG de declividades altas, zonas de APP, zonas de iluminação, zonas de cobertura de hidrante, cobertura de solo e sensibilidade a erosão, bem como o dos lotes, que será a base que irá receber tais atributos.

- **Transformação:**

Essa transformação de dados ocorre de forma análoga a outros cruzamentos já analisados e foi feito também de forma análoga no ArcGIS, sendo nesse caso a diferença apenas os dados de entrada e a unidade de comparação, que neste caso são os lotes do loteamento.

- **Dados de saída:**

Como resultado, então, finalmente obteve-se uma poligonal SIG com sua geometria carregada com os atributos anteriormente descritos.

3.2.10. PROCESSO 5.4 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO

Neste item do fluxograma ocorre o seguinte processo detalhadamente:

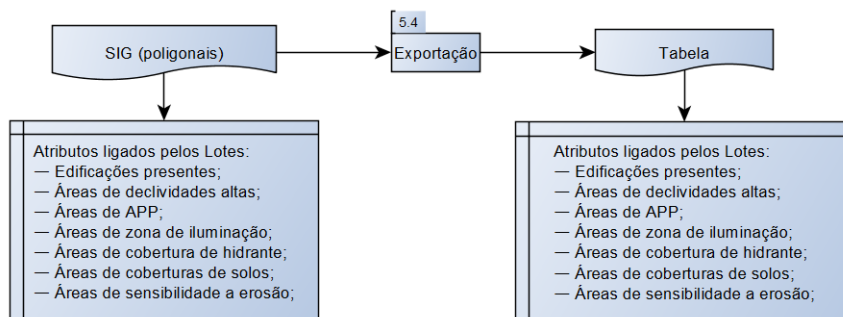


Figura 42 – Processo 5.4 – Fluxograma (RORIZ, 2016)

- **Dados de entrada, transformação e dados de saída:**

Assim como outros processos de exportação de atributos de poligonais SIG para arquivos tabulares, estes foram executados usando os mesmos procedimentos e ferramentas já descritos no processo 1.2, só mudando os dados de entrada para aquela poligonal produzida no processo anterior.

3.2.11. PROCESSO 5.5 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO

Neste item do fluxograma ocorre o seguinte processo detalhadamente:

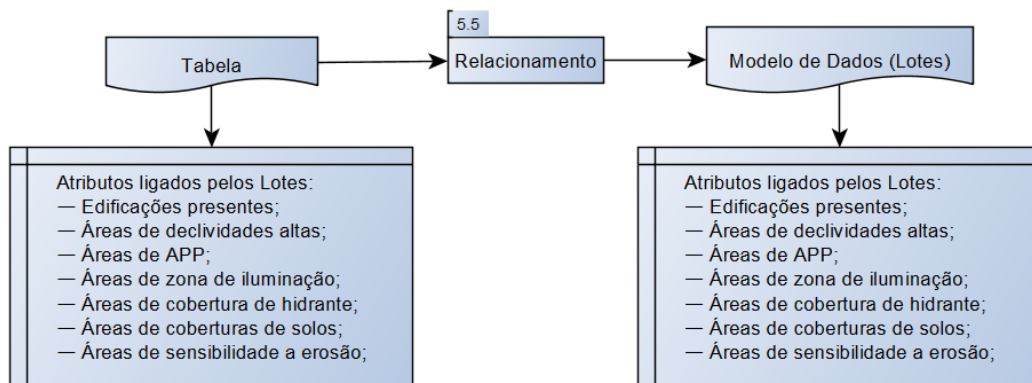


Figura 43 – Processo 5.5 – Fluxograma (RORIZ, 2016)

- **Dados de entrada, transformação e dados de saída:**

Também de forma análoga ao procedimento de criação do modelo de dados da RA, desta vez usou-se os dados tabulares do cruzamento de dados de declividades altas, zonas de APP, zonas de iluminação, zonas de cobertura de hidrante, cobertura de solos e sensibilidade a erosão para ligá-los desta vez aos lotes do loteamento através do Power BI.

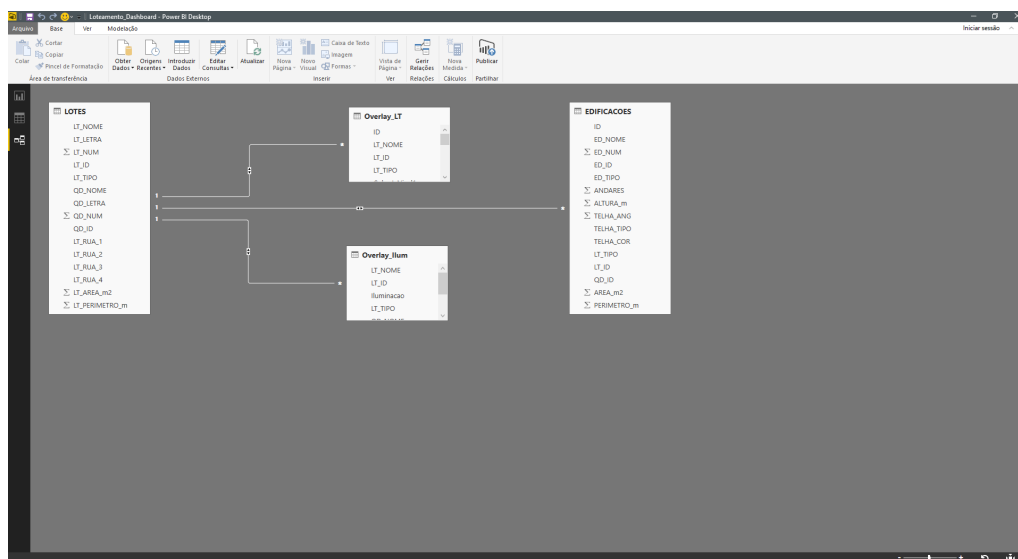


Figura 44 – Modelo de dados em BI para os atributos dos lotes montado no Power BI (RORIZ, 2016)

3.2.12. PROCESSO 5.6 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO

Neste item do fluxograma ocorre o seguinte processo detalhadamente:

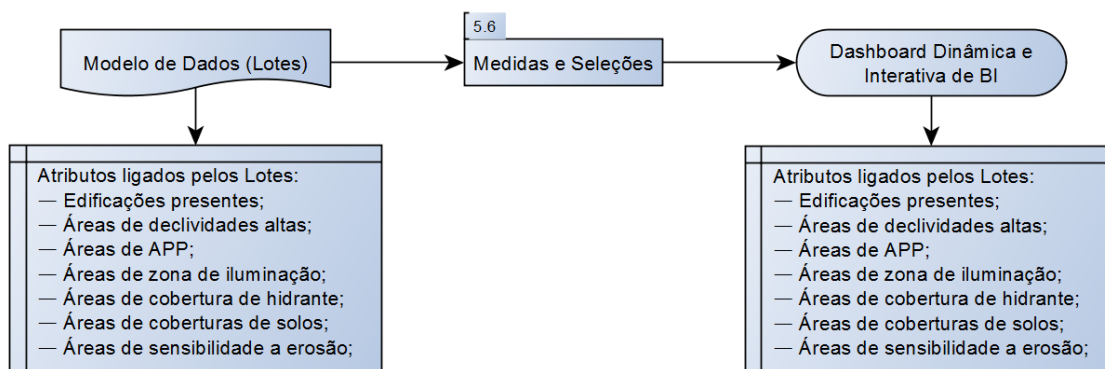


Figura 45 – Processo 5.6 – Fluxograma (RORIZ, 2016)

- **Dados de entrada, transformação e dados de saída:**

Analogamente a *dashboard* anterior relacionadas às RAs, dessa vez fez-se uso da tabela de atributos ligados aos lotes para a confecção de gráficos, visualizações e customizações pertinentes a análise das condições de cada lote presentes no loteamento através do Power BI.

3.2.13. PROCESSO 6.1 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO

Neste item do fluxograma ocorre o seguinte processo detalhadamente:

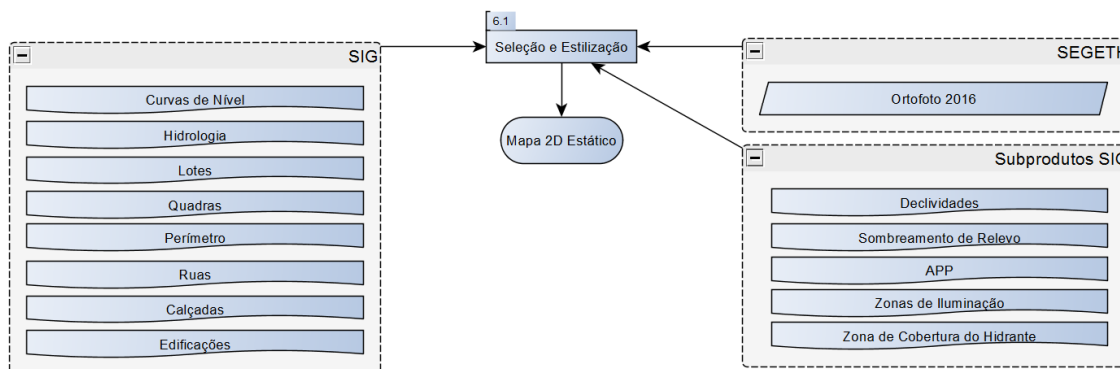


Figura 46 – Processo 6.1 – Fluxograma (RORIZ, 2016)

- **Dados de entrada:**

Para a criação do mapa estático final do loteamento para fins de visualização, então, fez-se uso de todos os dados SIG convertidos do CAD com exceção das instalações elétricas e de água da infraestrutura do loteamento, além das declividades, sombreamento do relevo, zonas de APP, zonas de iluminação e zona de cobertura do hidrante.

- **Transformação:**

Para a exibição final do mapa estático, então, fez-se uso do QGIS e sua grande variedade de níveis de customização das camadas geográficas, dentre elas estilos de traço, preenchimento e rótulos.

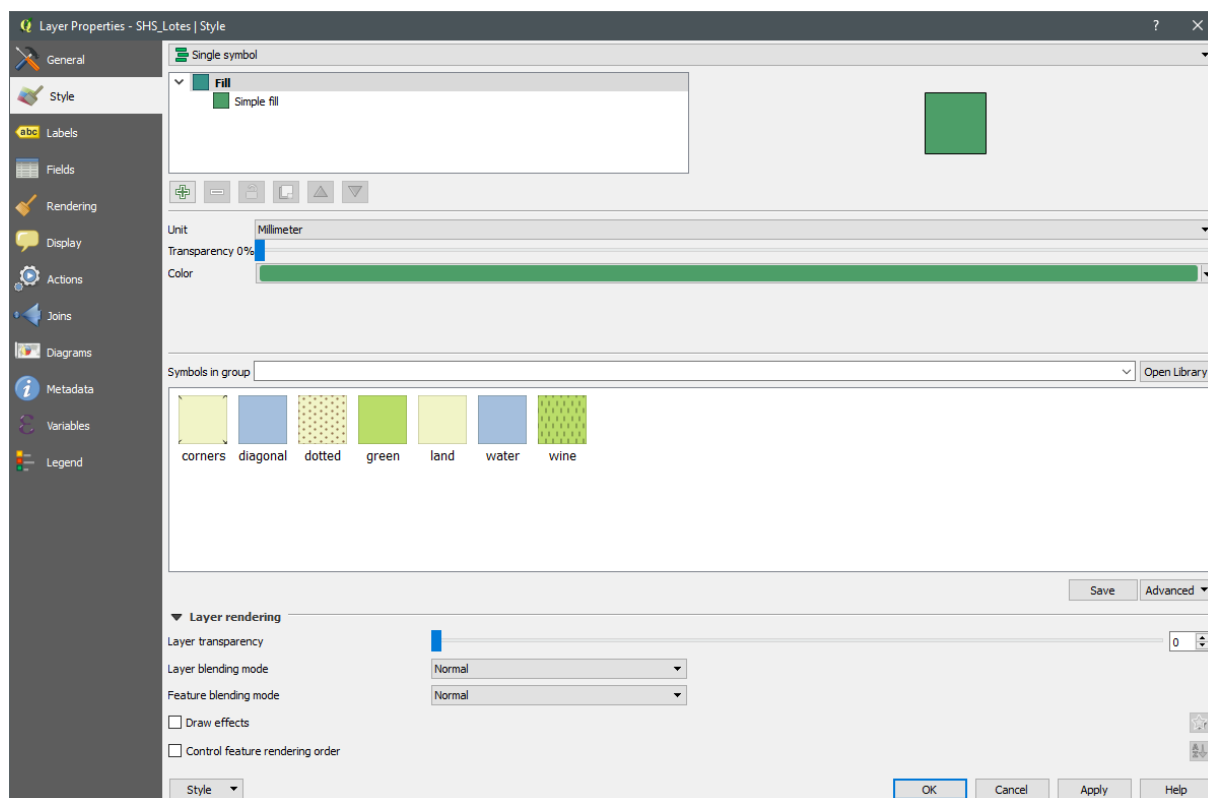


Figura 47 – Janela de configuração dos estilos das camadas no QGIS (RORIZ, 2016)

- **Dados de saída:**

Como resultado, então, finalmente obteve-se o mapa estático do QGIS, o qual pode ser usado para visualizar dentro do próprio programa ou ser posteriormente impresso.

3.2.14. PROCESSO 6.2 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO

Neste item do fluxograma ocorre o seguinte processo detalhadamente:

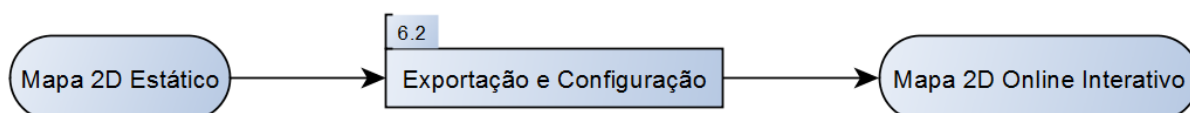


Figura 48 – Processo 6.2 – Fluxograma (RORIZ, 2016)

- **Dados de entrada, transformação e dados de saída:**

A partir das camadas criadas dentro do programa QGIS anteriormente, então, é possível exportá-las para a visualização e compartilhamento online através do *plugin* QGIS2WEB disponível. Neste, basta configurar alguns fatores básicos tais como quais camadas devem ser ativadas e se rótulos de dados devem ser exibidos e o resto do processo é automatizado pelo mesmo.

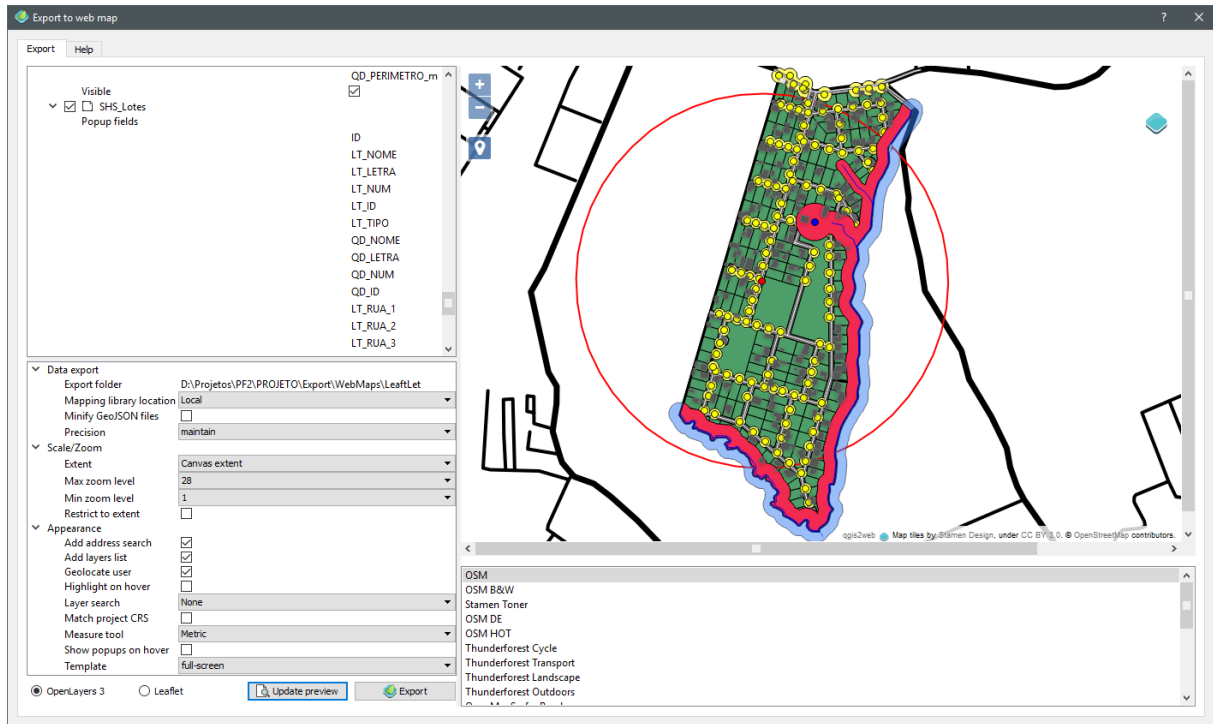


Figura 49 – Caixa de diálogo de configuração do QGIS2WEB (RORIZ, 2016)

3.2.15. PROCESSO 7.1 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO

Neste item do fluxograma ocorre o seguinte processo detalhadamente:

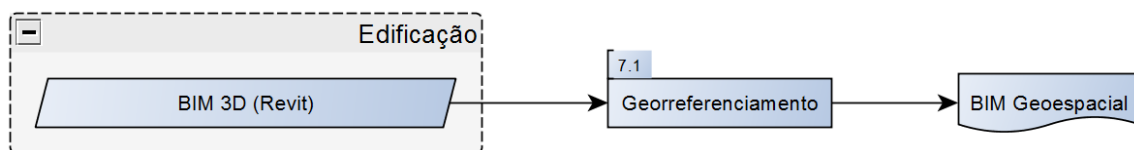


Figura 50 – Processo 7.1 – Fluxograma (RORIZ, 2016)

- **Dados de entrada, transformação e dados de saída:**

Neste contexto de análise na resolução espacial do loteamento, então, decidiu-se fazer o uso de um modelo BIM 3D criado no Revit para inseri-lo e confrontá-lo com o resto da infraestrutura do loteamento. Para isto, então, foi necessário, primeiramente, georreferenciar o arquivo através da ferramenta de localização dentro da aba de Gerenciar do Revit.

Na caixa de diálogo aberta, então, basta marcar no mapa sua posição e caso necessário, realinhar o modelo com o Norte Verdadeiro.

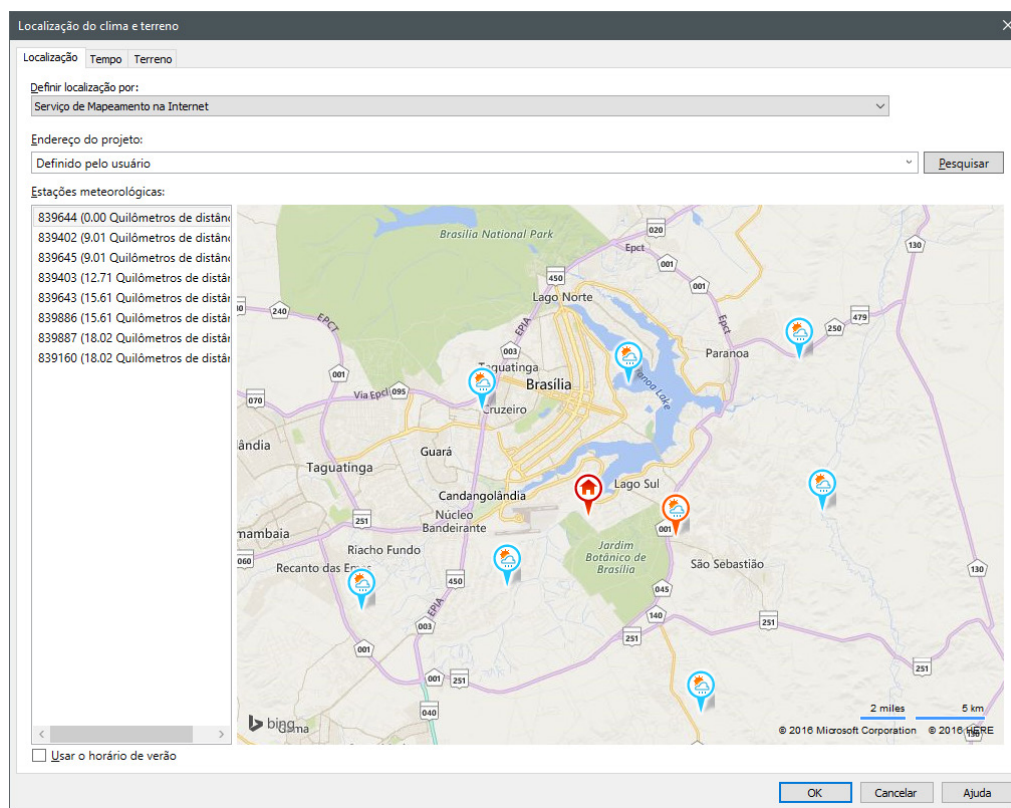


Figura 51 – Janela de configuração para marcação da posição geográfica do modelo no Revit (RORIZ, 2016)

3.2.16. PROCESSO 7.2 DO FLUXOGRAMA METODOLÓGICO

Neste item do fluxograma ocorre o seguinte processo detalhadamente:

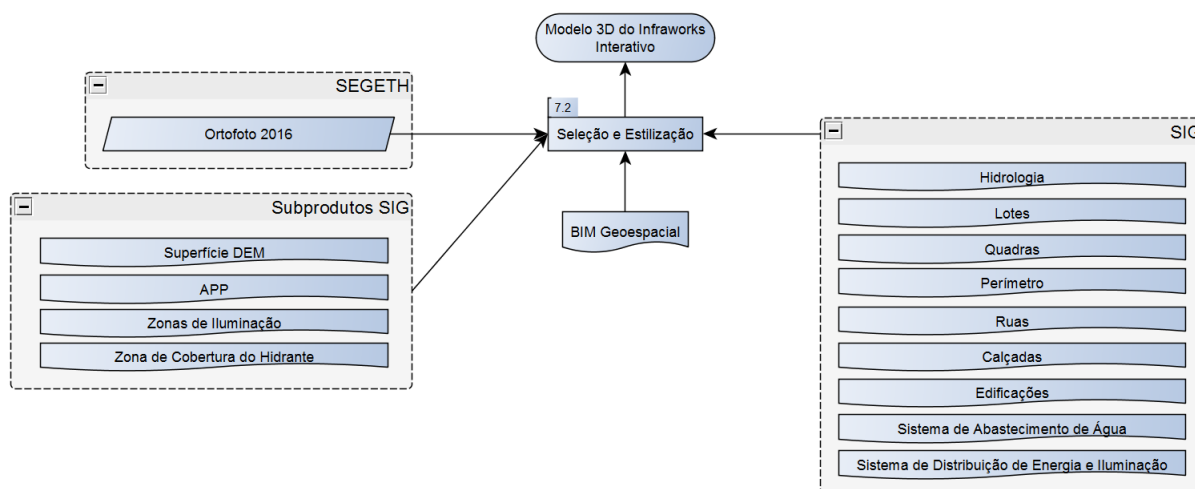


Figura 52 – Processo 7.2 – Fluxograma (RORIZ, 2016)

- **Dados de entrada, transformação e dados de saída:**

Por fim, então, a partir de todos os dados de entrada referidos no fluxograma da figura anterior, estes foram importados para o programa Infraworks, onde, a partir da configuração destas camadas, foi possível converter alguns destes elementos SIG 2D em elementos 3D caso o tipo de elemento comportasse, como foi o caso de ruas, edificações, sistemas de abastecimento de água e de luz. A imagem abaixo ilustra um desses casos, onde a poligonal SIG das edificações é convertida automaticamente em 3D fazendo uso de atributos da camada em que especificam sua altura e inclinação do telhado.

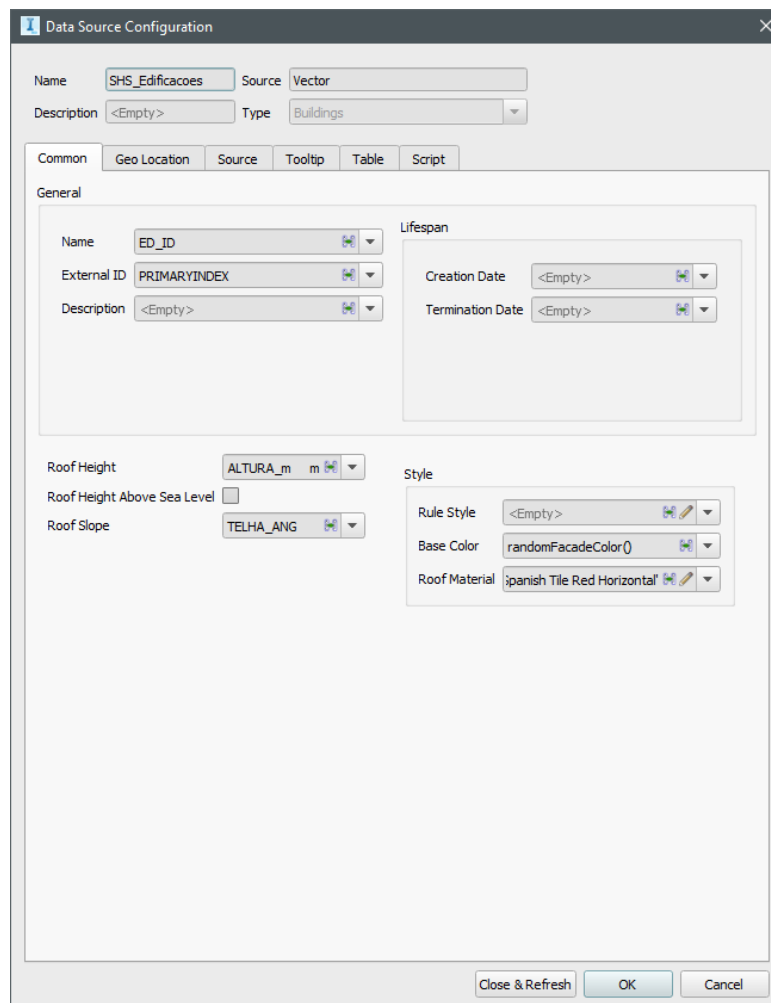


Figura 53 – Janela de configuração da camada de edificações no Infraworks 360 (RORIZ, 2016)

Além destes elementos SIG convertidos para 3D, houve, também, o modelo Revit que foi possível de incorporar na sua posição devida sem intervenção dentro do loteamento.

4. RESULTADOS

Com todos os processos da metodologia definidos e suas ações executadas conforme descrito no item 3.2, segue abaixo a apresentação de resultados de cada produto final obtido e a discussão dos mesmos sobre como estes podem ser usados para contribuir no auxílio do projeto e planejamento de ações da construção civil em diferentes escalas espaciais e diferentes fases do ciclo produtivo.

4.1. PRODUTOS DA ESCALA ESPACIAL DO LOTEAMENTO

4.1.1. MAPA 2D ESTÁTICO E MAPA 2D ONLINE

Com o fim do fluxograma até o processo de criação dos mapas 2D do loteamento no QGIS, obteve-se, então, o seguinte produto, virtualmente idêntico tanto para o mapa estático local quanto o mapa online:

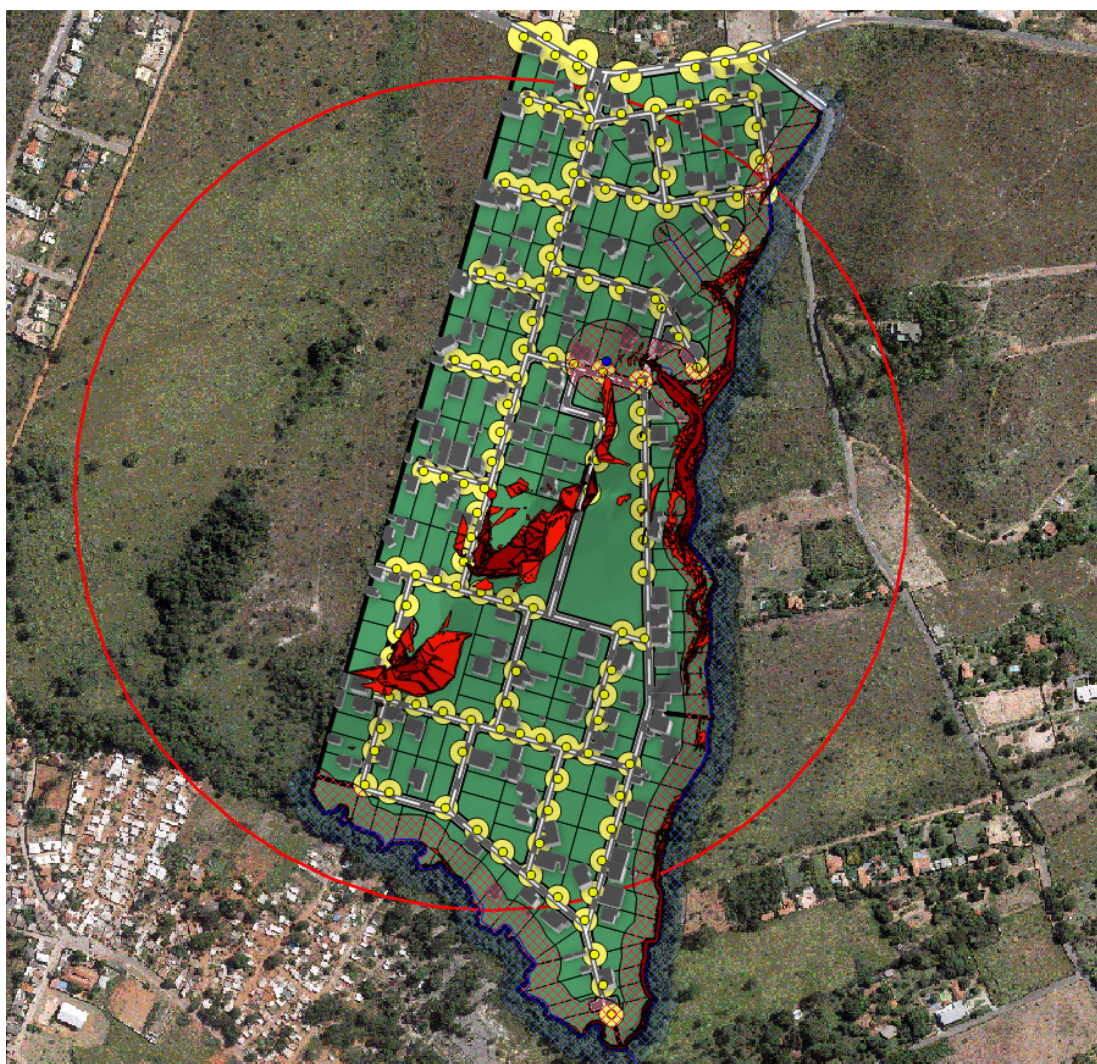


Figura 54 – Produto do mapa estático local do loteamento (RORIZ, 2016)

É possível perceber, dessa forma, que o mapa consegue nos informar visualmente os locais problemáticos em termos de projeto de acordo com sua localização, tais como locais fora da zona de iluminação dos postes, lotes e edificações situados dentro da APP, locais situados em áreas de grande declividade e lotes fora da zona de cobertura do hidrante. O que este produto não faz, entretanto, é quantificar imediatamente tais aspectos em termos numéricos, sendo este mais restrito ao aspecto visual.

Em termos de diferenças entre os dois tipos de mapas, por sua vez, o mapa 2D dentro do QGIS, apesar de ser para uso individual, se sobressai pelo fato de já possuir embutidas todas as ferramentas de geoprocessamento necessárias para futuras análises. A versão online, por sua vez, apesar de ser propícia para a interação e divulgação dos dados com outras pessoas e se sobressair por esse aspecto, por outro lado, se mostra deficitária por ser apenas uma ferramenta de visualização, privada de quaisquer instrumentos adicionais de geoprocessamento para análise mais profunda que vão além de uma simples régua para a medição de alinhamentos.

4.1.2. MODELO 3D INTERATIVO DO INFRAWORKS

Concluída a produção do modelo 3D do Infraworks 360, então, obteve-se o seguinte produto:

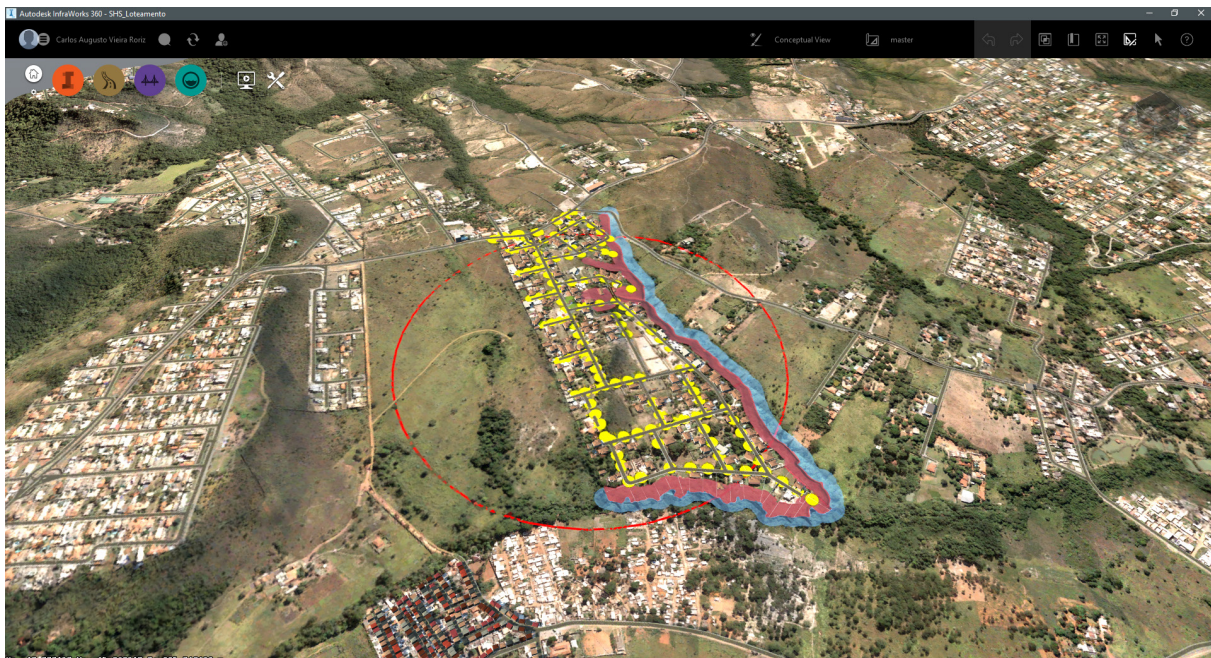


Figura 55 – Produto do mapa 3D do Infraworks (RORIZ, 2016)

Logo de imediato é possível se observar que tal tipo de produto ao menos iguala as capacidades de análise visual de suas camadas presentes nos mapas do QGIS. Além desse aspecto de visualização básica, entretanto, com a conversão dos elementos 2D em 3D, que, agregado ao modelo Revit importado, fornece uma gama maior de análises. Ao ser confrontado com as instalações subterrâneas de abastecimento de água do loteamento para fins de compatibilização, por exemplo, é possível checar por possíveis conflitos de elementos:

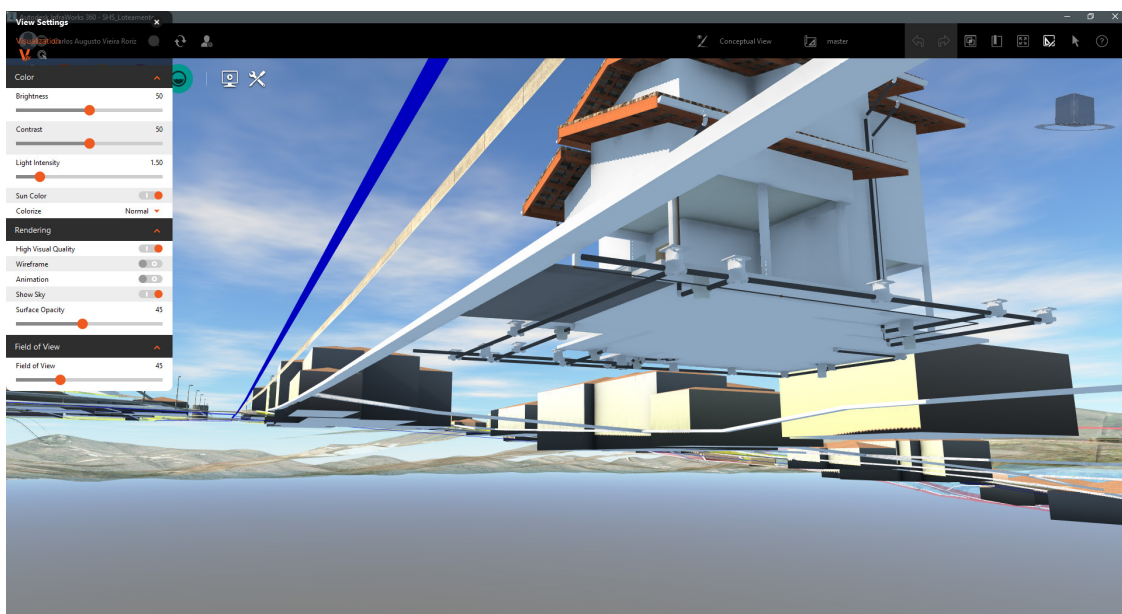


Figura 56 – Checagem para compatibilização de tubulações subterrâneas (RORIZ, 2016)

Fazendo-se uso da câmera virtual dinâmica do programa, por sua vez, é possível também analisar a visada das redondezas a partir de um certo de ponto de vista específico:



Figura 57 – Vista observada de dentro do quarto do modelo BIM (RORIZ, 2016)

Por se tratar de um modelo devidamente georreferenciado, o programa também oferece suporte a estudos solares, oferecendo, então, a possibilidade de se analisar como se dá a incidência da luz solar (e, consequentemente, das sombras) em cada ponto da edificação e adjacências. Pode-se, então, por exemplo, verificar se certo cômodo recebe luz solar durante certos períodos do dia e do ano.

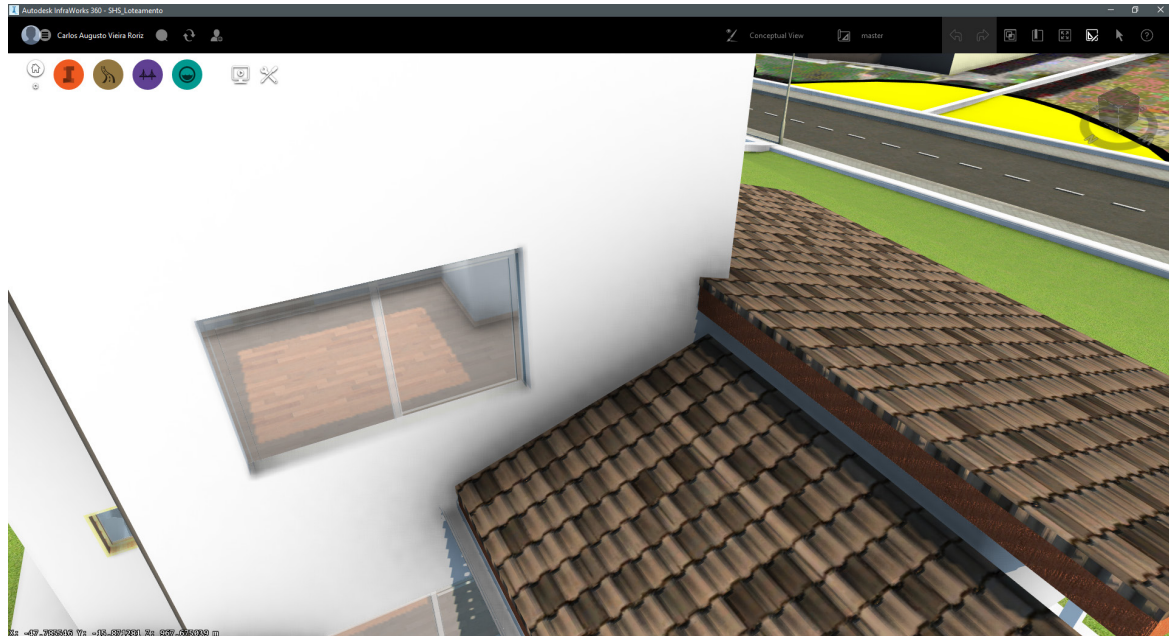


Figura 58 – Detalhe da incidência solar no quarto em certa data e hora do dia (RORIZ, 2016)

Com a importação do modelo de superfície, o Infracworks também oferece suporte a análise de algumas variáveis de superfície, tais como: áreas de alta declividade (acima de 30%):



Figura 59 – Área de alta declividade em vermelho (RORIZ, 2016)

Análises de zonas de pressão para sistemas de distribuição de água a partir de hipsometrias:



Figura 60 – Hipsometria para delimitação de zonas de pressão (RORIZ, 2016)

E análise de orientação de vertentes:



Figura 61 – Análise de orientação de vertentes (RORIZ, 2016)

Ainda que tais ferramentas de análise de superfície sejam relativamente simples se comparadas com um QGIS para *desktop* completo, elas são muito úteis em análises preliminares e discussões de design conceitual de elementos de projeto.

4.1.3. DASHBOARD INTERATIVA DO LOTEAMENTO

Concluída a produção do modelo de dados para a *dashboard* de lotes do loteamento, então, percebe-se imediatamente que esta se trata de uma forma de análise de dados contextual mais abstrata que perde um pouco o valor do apelo visual que os mapas anteriores traziam em troca de uma análise mais granular e rica de atributos.

Para a análise do loteamento com o uso da *dashboard*, então, com seu caráter tabular de manipulação de dados, bastou realizar uma filtragem simultânea dos lotes em termos das variáveis pertinentes para se obter quais unidades do loteamento são propícios para a construção de uma nova edificação.

Com o cruzamento de dados já anteriormente descrito durante a metodologia, então, filtrou-se os lotes de modo a obter aqueles que se encontrassem fora da área de APP, que estivessem dentro da área de cobertura do hidrante, que tivessem calçadas que estivessem dentro da zona de iluminação dos postes, que não possuíssem áreas de alta declividade, que não possuísse edificações construídas nele (lote desocupado), com um nível de erosão média máxima de 3,5 e que fosse um lote com propósitos residenciais. O produto resultante de tal filtragem dinâmica simultânea dentro do programa Power BI foi o seguinte:

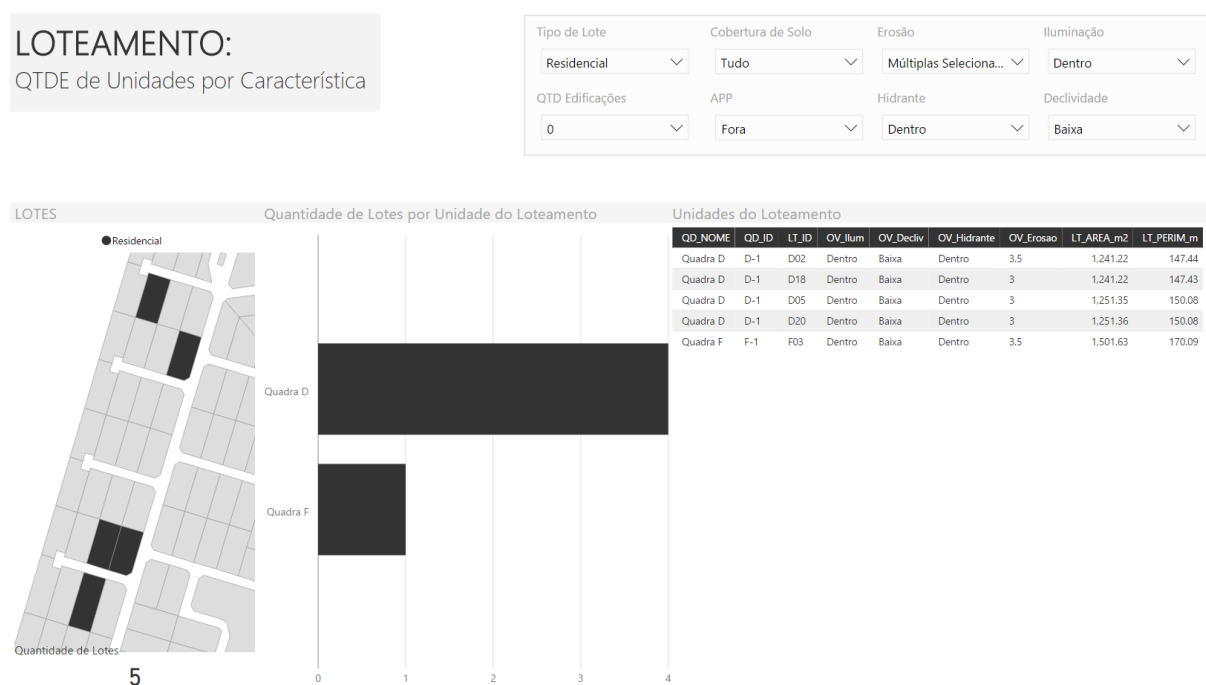


Figura 62 – Quantidade de lotes existentes que atendem aos critérios estabelecidos para a construção de uma nova edificação dentro do loteamento (RORIZ, 2016)

Pode-se observar na *dashboard*, com isso, que ainda há cinco lotes restantes que atendem a todos os critérios estabelecidos dentro da filtragem e cruzamento de dados para a construção de uma nova edificação. Vale ressaltar que a montagem dessa *dashboard* também oferece informações sobre as identificações específicas de cada lote, suas quadras, localizações no mapa, áreas e perímetros, além das informações filtradas previamente estabelecidas.

Com os dados de áreas de lotes e das edificações oriundos do cruzamento dos arquivos CAD, uma outra análise possível de se fazer em relação ao loteamento seria a questão do nível de ocupação superficial das edificações em cada lote. Filtrando-se fora os lotes que não estão totalmente desocupados, a *dashboard* resultante foi a seguinte:

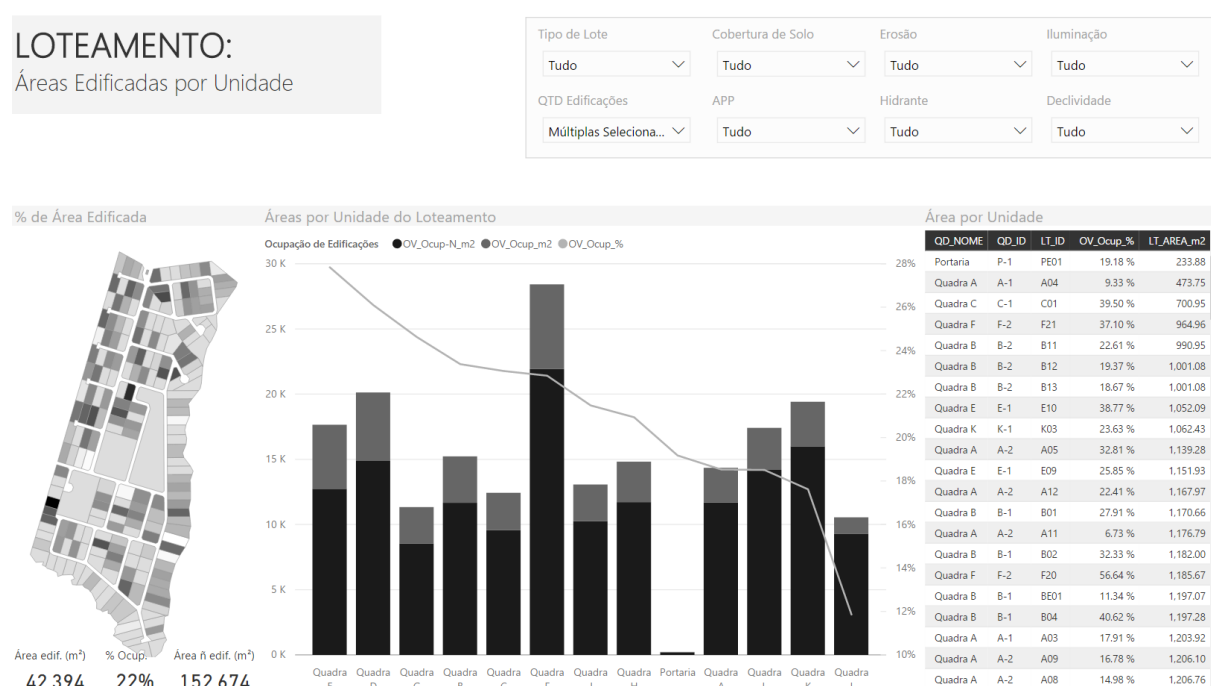


Figura 63 – Nível de ocupação superficial das edificações nos lotes (RORIZ, 2016)

Através da *dashboard* produzida, então, é possível se observar que os lotes ocupados tiveram uma média de 22% de sua área ocupada por edificações como um todo no loteamento e que as quadras, individualmente, não tiveram um nível de ocupação superior a 28% (que ocorre na quadra E) e inferior a 12% (presente na quadra I).

Um aspecto adicional a respeito das dashboards do Power BI se trata do fato de que estas podem ser visualizadas e interagidas não apenas através de seu aplicativo para Windows x86, como também com um aplicativo da *Universal Windows Platform* (UWP), em um navegador da *web* e em aplicativos mobile para *tablets* e *smartphones*, desde que se faça o *upload* da *dashboard*

para uma conta do Power BI que é sincronizada na nuvem por uma plataforma própria da Microsoft. Na figura abaixo pode-se observar a dashboard do caso anterior sendo visualizada em um navegador da web, onde pode ser facilmente compartilhada com outras pessoas e sua funcionalidade de interatividade se mantém a mesma.

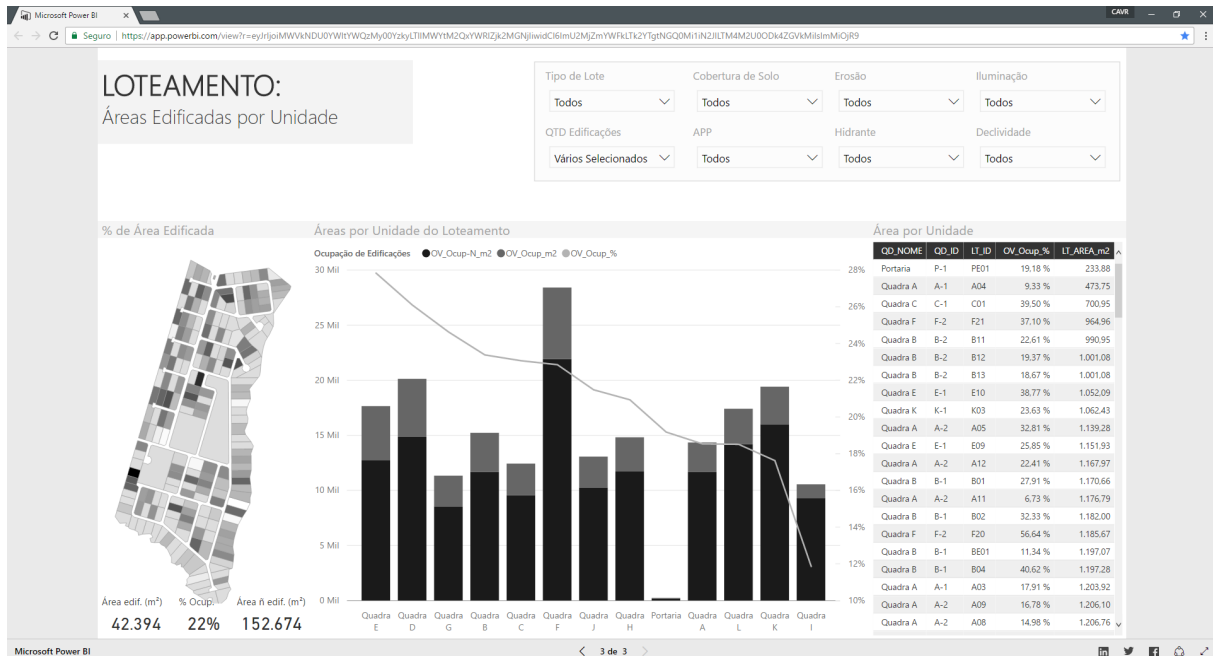


Figura 64 – Dashboard anterior sendo visualizada em um navegador da web (RORIZ, 2016)

E na figura seguinte pode-se ver esta mesma *dashboard* sendo visualizada em um aplicativo UWP, onde também mantém as mesmas funcionalidades.

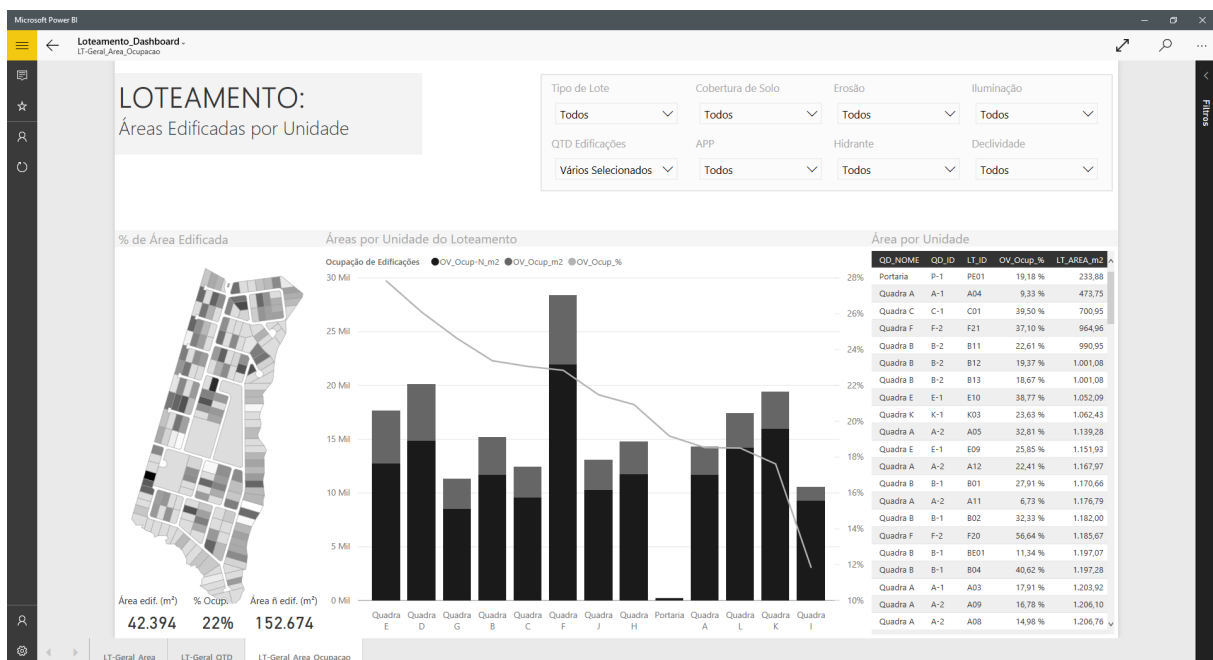


Figura 65 – Dashboard anterior sendo visualizada em um aplicativo UWP (RORIZ, 2016)

4.2. PRODUTOS DA ESCALA ESPACIAL DO DF

4.2.1. DASHBOARD INTERATIVA DO DF

Enquanto que a *dashboard* anterior dos lotes era um pouco limitada em relação ao volume de informações possíveis de se extrair devido a sua escala espacial mais micro, no caso desta *dashboard* do DF em escala mais macro, há uma quantidade muito grande de variáveis para análise e extração de informações, especialmente devido ao PDAD. Essa caracterização macro do PDAD ocorre, basicamente, devido ao fato de que a política de divulgação pública da pesquisa busca manter o sigilo das informações dos cidadãos entrevistados e, dessa forma, informações pessoais como endereço detalhado não são divulgadas, mantendo, então, apenas sua localização genérica na forma da informação do setor da região administrativa na qual o morador reside.

Devido ao caráter mais macro da informação referida anteriormente, então, esta *dashboard* do DF, no contexto da construção civil, serve ao propósito, principalmente, de prover informações úteis para o processo de definição de políticas urbanas de infraestrutura para o governo e guiar a iniciativa privada para as regiões com maior potencial de exploração econômica.

Com esse extenso catálogo de dados disponíveis, inúmeras são as formas de os combinar para se extrair as informações desejadas. Para fins de simplificação, desse modo, optou-se por analisar essas informações agrupando-as em suas respectivas unidades de pesquisa: do PDAD em si, do DF como um todo (com a RA em que se localiza o loteamento previamente analisado), dos domicílios e dos moradores.

- **PDAD**

Como mencionado anteriormente na apresentação de dados, o PDAD possui o propósito de investigar a situação socioeconômica, demográfica e de moradia dos moradores das RAs do DF. Com a *dashboard* seguinte, então, pode-se observar como as variáveis desse levantamento de dados se estrutura em termos de unidade de pesquisa (domicílio ou morador), ano (2011 e/ou 2013) e categorias (inventário de bens, trabalho e rendimento, características da unidade domiciliar, etc).

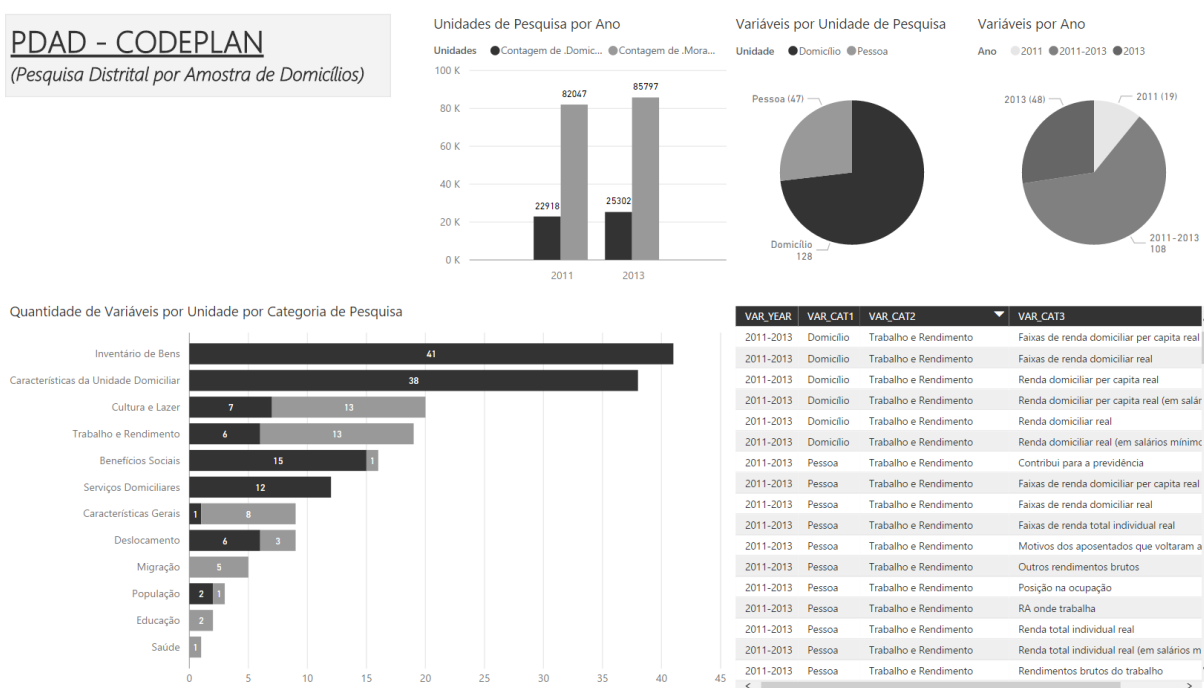


Figura 66 – Distribuição de variáveis em relação a categoria e unidade de pesquisa nos dois anos da PDAD (RORIZ, 2016)

Pode-se observar, então, que algumas variáveis da pesquisa não se repetem em ambas edições da PDAD, gerando uma esparsidade de dados que dificulta a análise dos mesmos. Como apenas duas edições da pesquisa tiveram seus microdados divulgados, entretanto, ainda é cedo para se afirmar que certas análises foram totalmente abandonadas ou se elas simplesmente não são levantadas em todas as edições.

Com esta *dashboard* também é possível constatar que a grande maioria das variáveis da pesquisa se concentram em aspectos agregados do domicílio ao invés dos moradores individuais. Dentro dos aspectos do domicílio, ainda, a categoria com mais variáveis disponíveis é a de inventário de bens, que não fornece muita utilidade para o intuito desse projeto final que se foca na extração de informações úteis para a melhor tomada de decisões dentro da construção civil, ao contrário da segunda colocada que é a de características da unidade domiciliar, que possui variáveis detalhadas de aspectos ligados a infraestrutura urbana da região onde se encontra a moradia.

• Distrito Federal

Uma vez abordadas as informações gerais relacionadas aos dados tabulares do PDAD, vale agora comentar aspectos ligados a dados de mapeamentos gerais do Distrito Federal para sua caracterização da geografia na qual a população se insere.

DF - Geografia

DF: Áreas (km²) e Perímetros (km)

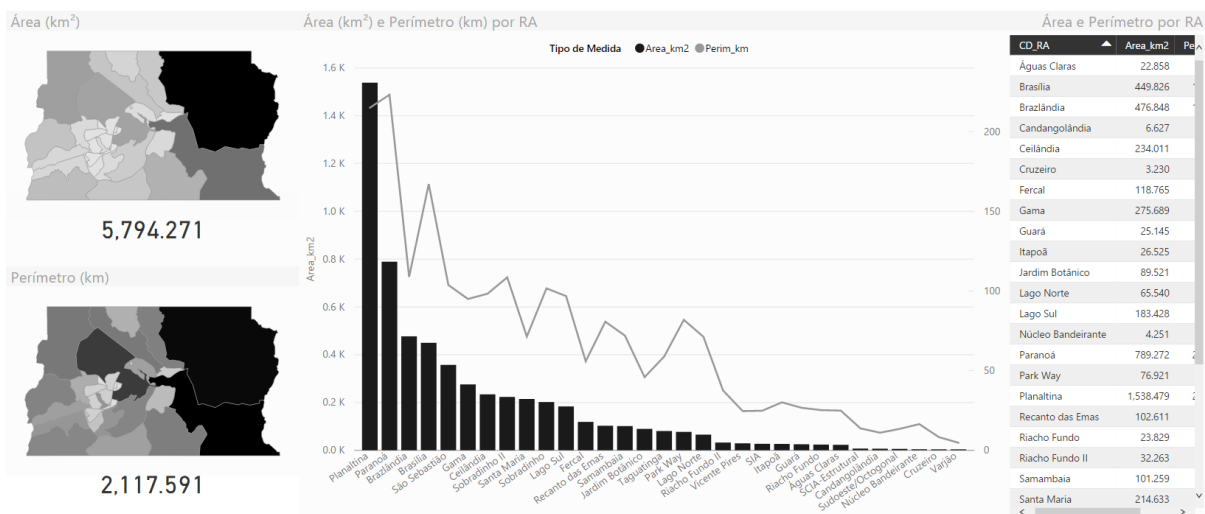


Figura 67 – Áreas e perímetros das RAs no DF (RORIZ, 2016)

Com a figura acima, é possível observar que Planaltina e Varjão são as RAs com a maior e menor área respectivamente no DF e que áreas com maior área não necessariamente possuem também maior perímetro, como é o caso da própria Planaltina, que possui quase o dobro da área do Paranoá, mas possui menor perímetro uma vez que esta última possui uma forma mais irregular.

DF - Geografia

(DF: Área por Cobertura do solo por Sensibilidade a erosão, 2015)

Região Administrativa Cobertura do Solo Sensibilidade a Erosão

Tudo Tudo Tudo

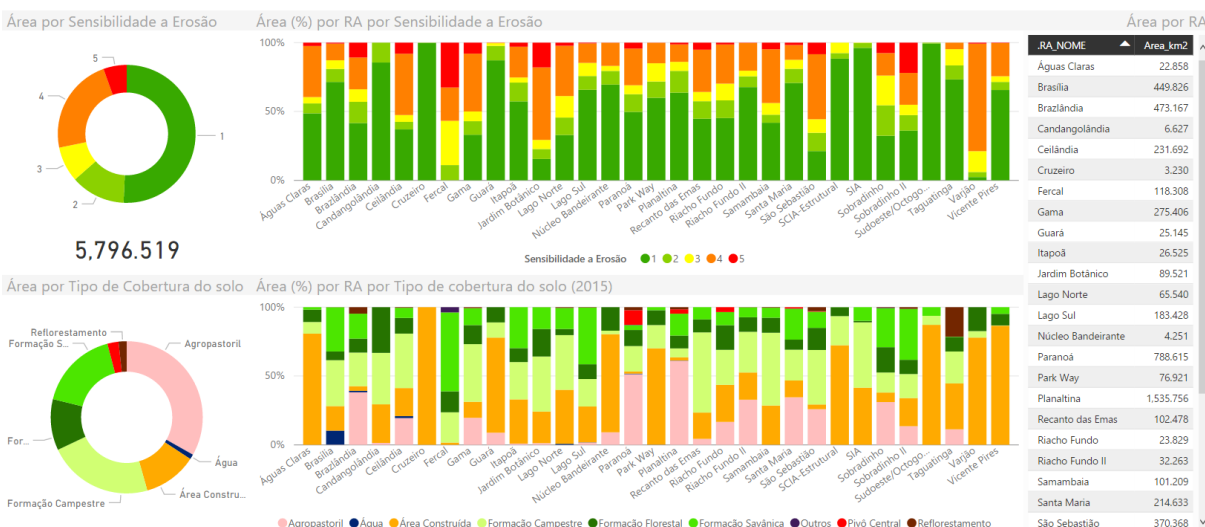


Figura 68 – Áreas das RAs em termos de sensibilidade a erosão e tipo de cobertura do solo (RORIZ, 2016)

A partir da figura anterior, por sua vez, pode-se constatar que, no geral, dentro do DF se predomina o uso agropastoril da terra e uma baixa sensibilidade a erosão. O Jardim Botânico, RA onde se localiza o loteamento anteriormente estudado, em particular, possui uma sensibilidade a erosão relativamente elevada se comparada com a média do DF, mostrando que a escolha do mesmo para fins de construção civil não é muito recomendado. Neste mesmo aspecto de construção civil, ao se isolar o uso da terra como área construída, como se mostra na figura a seguir, é possível apurar que, no geral, houve prudência na escolha das áreas para construção no DF, sendo que tais possuem, em sua maioria, baixos níveis de sensibilidade a erosão.

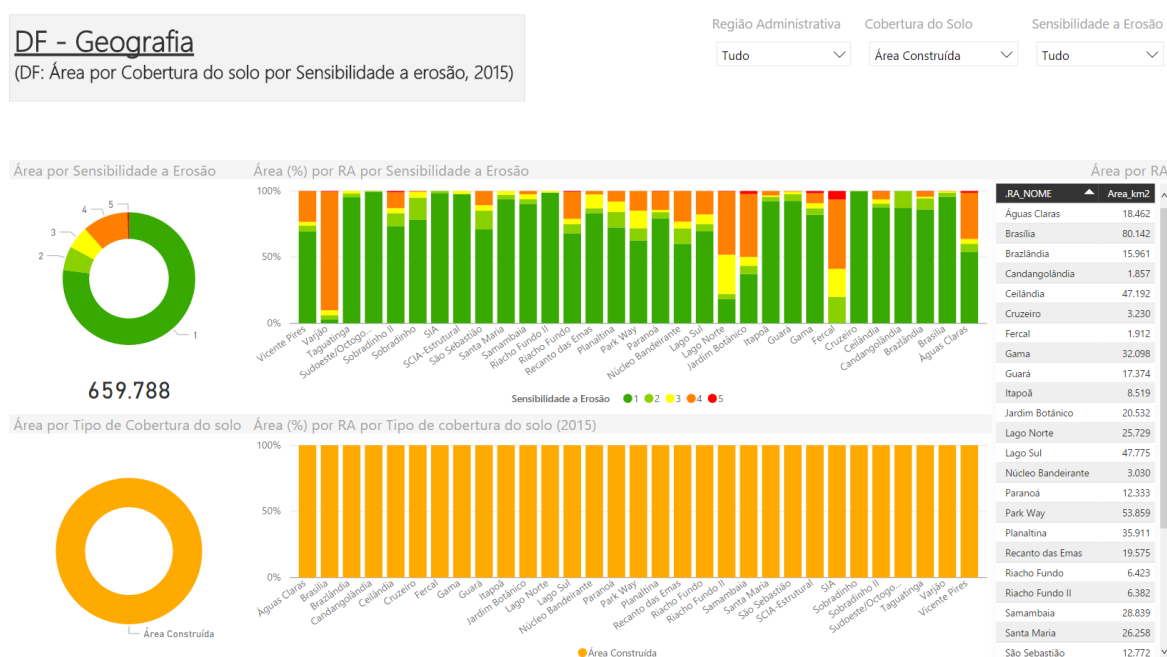


Figura 69 – Áreas das RAs em termos de sensibilidade a erosão em áreas construídas (RORIZ, 2016)

Uma forma alternativa e ainda mais clara de se observar os mesmos aspectos referidos anteriormente seria com a *dashboard* da figura seguinte que cruza os dados de sensibilidade a erosão e cobertura do solo diretamente, sem a segregação por RAs. Com esta figura, desse modo, fica mais nítida a relação entre essas variáveis e o fato de que, no geral, áreas de DF com mais suscetibilidade a erosão não foram intensamente modificadas pela ação humana.

DF - Geografia

(DF: Área (%) por tipo de cobertura do solo x Sensibilidade a erosão, 2015)

Região Administrativa

Tudo

Sensibilidade a Erosão

Tudo

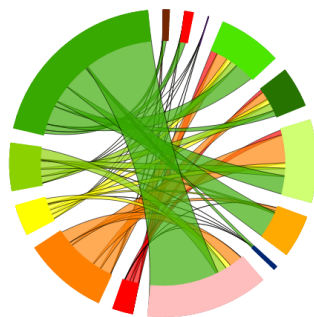
Cobertura do Solo

Tudo

Sensibilidade a Erosão por Cobertura de Solo

Área de Cobertura por RA por Sensibilidade a erosão

Área de Sensibilidade a erosão por RA por Cobertura do solo



Área Total (km²)
5.796.519

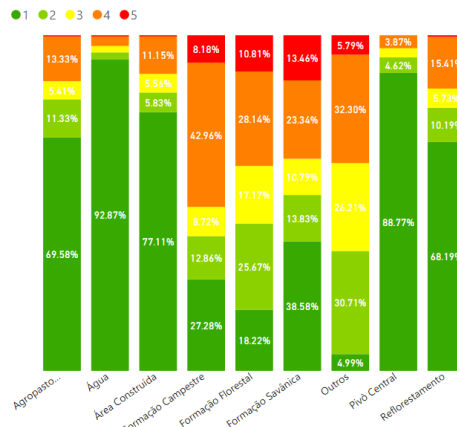
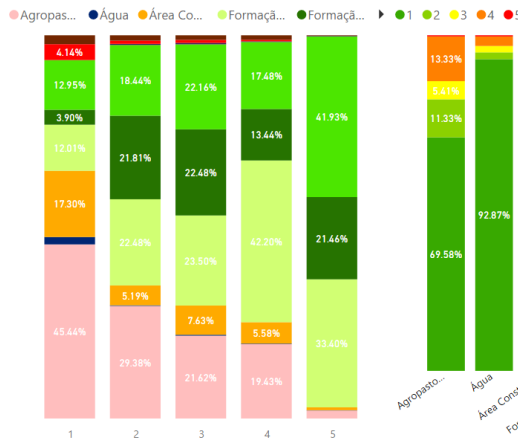


Figura 70 – Áreas do DF em termos de sensibilidade a erosão e tipo de cobertura do solo (RORIZ, 2016)

Ainda na questão da observação do processo de ocupação da superfície do DF, desta vez através da análise temporal dos dados de cobertura que vão de 1984 até 2015, obteve-se a seguinte *dashboard* da figura a seguir:

DF - Geografia

DF: Área por tipo de cobertura do solo (série temporal)

Região Administrativa

Tudo

Tipo de Cobertura do Solo

Tudo

Área por Cobertura do solo (Nível 1)

Área por Tipo de Cobertura do Solo por Ano

Área por Cobertura de Solo

Água (0.062 K)

Antropico 2.960 K

Natural 3.356 K

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Água

Com a figura anterior, dessa forma, observa-se que, de modo geral, não houve mudanças tão significativas na forma de ocupação do solo no DF. Vale destacar, entretanto, alguns pontos como o fato de em 2006 a área construída ter ultrapassado a área com formação florestal, demonstrando, então, o constante processo de urbanização pelo qual tem passado o DF ao longo das últimas décadas; e o fato da expansão das áreas com uso de pivô central em tempos recentes, provavelmente devido a necessidade de prover a população dessa área urbana crescente do DF com alimentos.

Isolando-se a área da RA do loteamento anteriormente debatido, como é mostrado na figura seguinte, é possível notar um mesmo processo de intensificação da urbanização com a expansão da área construída em torno do ano 2000.

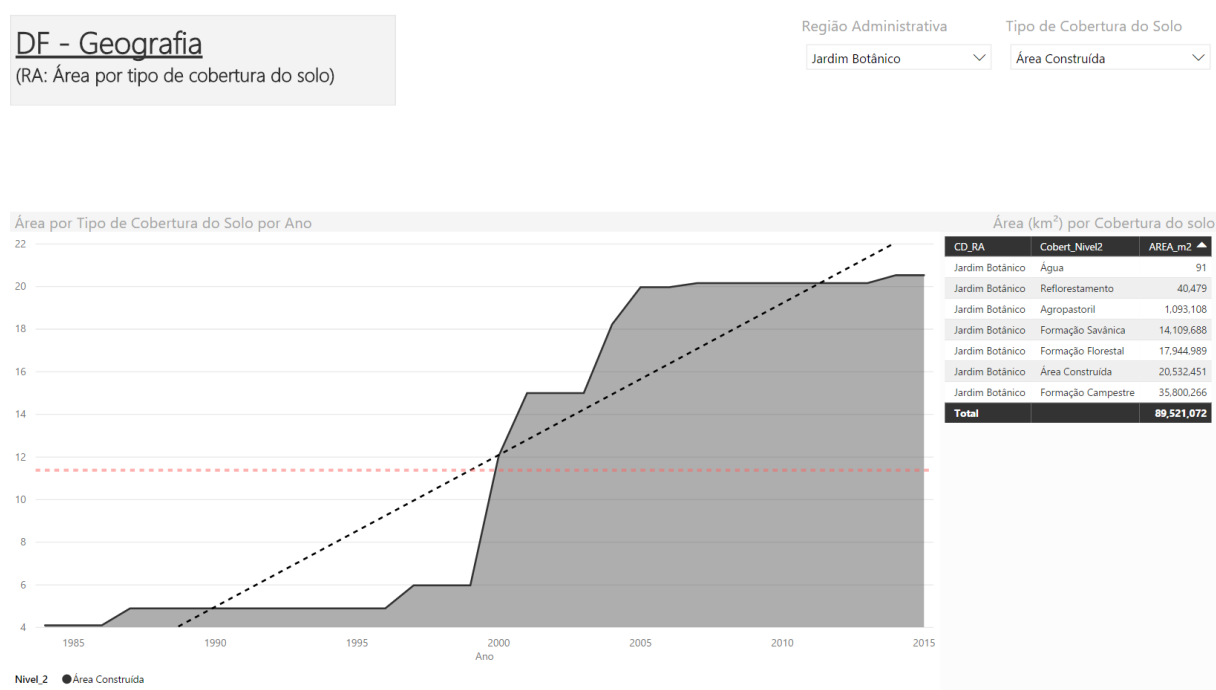


Figura 72 – Áreas do Jardim Botânico com área construída em uma série temporal de 1984 a 2015 (RORIZ, 2016)

Após se analisar a ocupação do solo e sua relação com atividades humanas e a consequente presença da construção civil nela, com a *dashboard* da figura a seguir é possível observar a distribuição de pontos de interesse públicos ligados as áreas da saúde, esporte, segurança e transporte dentro do DF em relação a sua população (disponibilidade por 10000 habitantes). Nesta análise as RAs da Fercal e SIA foram filtradas fora uma vez que suas área pequena e concentração excessiva de certo tipo de atividade, respectivamente, fariam os valores do gráfico criado serem muito elevados, dificultando a observação dos valores das demais RAs.

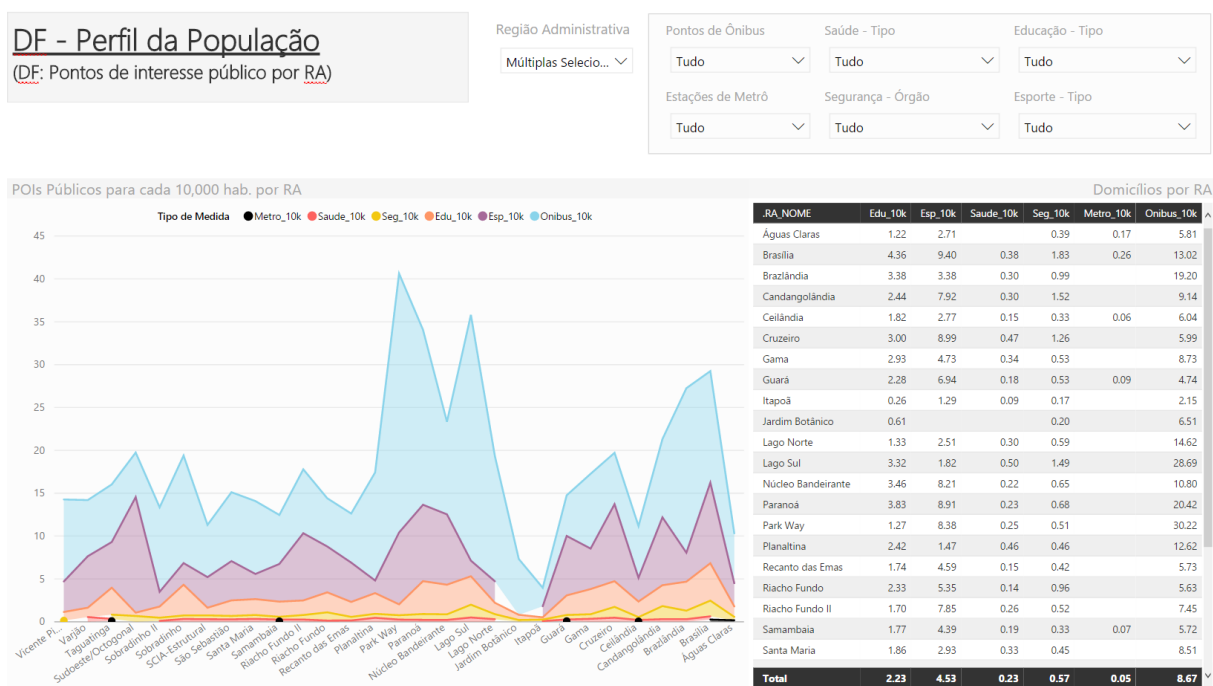


Figura 73 – Áreas do DF em termos de cobertura do solo em uma série temporal de 1984 a 2015 (RORIZ, 2016)

Por meio desta figura anterior, logo, é possível perceber priorização da alocação de recursos por parte do poder público em áreas distintas de acordo com as necessidades da população e com a capacidade de atendimento que cada ponto de interesse possui. Dessa forma, pode-se ver que em primeiro vem o transporte público, que é usado em massa pela população diariamente; em seguida temos o esporte, que também tem muita demanda e atende relativamente poucas pessoas por vez; depois tem a educação, que possui uma capacidade de atendimento maior; e, por fim, segurança e saúde, que não são tão demandadas constantemente e possuem grande capacidade de atendimento em relação aos demais pontos de interesse discutidos anteriormente.

Ainda neste tópico de pontos de interesse, é possível constatar que as áreas centrais e mais nobres do DF como o Park Way e o Plano Piloto são muito bem abastecidos por tais recursos públicos enquanto áreas periféricas como o Varjão, Ceilândia e o próprio Jardim Botânico (onde se localiza o loteamento da análise anterior) são menos providas desses mesmos recursos. Desta forma, áreas menos providas demonstram uma necessidade de intervenção pública para a melhoria dessa situação de sua infraestrutura, enquanto que para empreendimentos privados tais áreas se tornam menos atrativas para a capitalização de investimentos da construção civil.

• Domicílios

Após se analisar a situação geral do DF em termos de sua geografia e disponibilidade de recursos públicos gerais, vale também observar algumas das variáveis do PDAD que caracterizam o contexto dos domicílios por estes ocupados. Desta forma, selecionou-se na pesquisa algumas variáveis representativas da situação da infraestrutura pública da moradia dos cidadãos do DF, tais como as presenças de asfalto, erosão, coleta de lixo, esgoto a céu aberto, calçada, declive e entulho. Com isto, obteve-se a dashboard da figura a seguir:

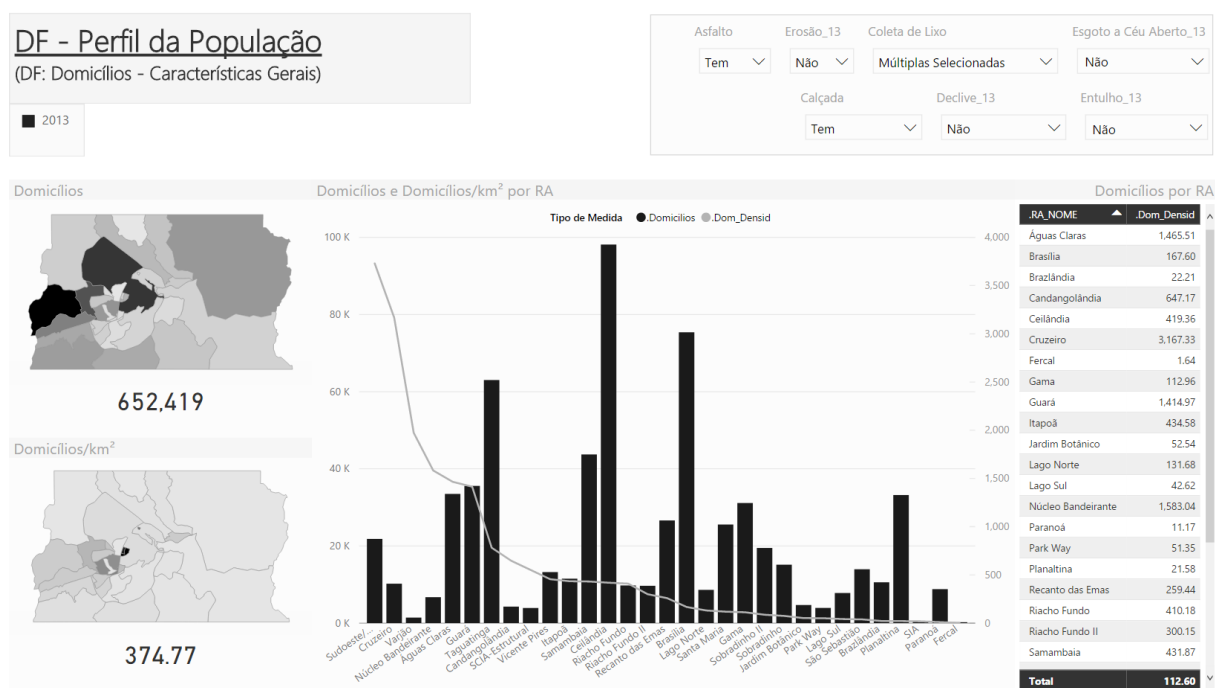


Figura 74 – Número de domicílios com certas características de infraestrutura por RA (RORIZ, 2016)

Ao se filtrar as variáveis referidas anteriormente, então, é possível visualizar que Ceilândia, Taguatinga e o Plano Piloto são as RAs com maior número de domicílios com condições favoráveis em números absolutos e o Sudoeste e o Cruzeiro possuem os maiores valores em relação a sua área. A RA do loteamento, por sua vez, se mostra como uma área com relativamente deficitária infraestrutura pública.

De forma análoga à análise da *dashboard* do item anterior, então, por meio da observação do desempenho das RAs nestas variáveis de infraestrutura, é possível estabelecer quais áreas estão mais necessitadas de intervenção pública para melhorias e quais irão melhor atrair empreendimentos da construção civil por meio de suas condições mais favoráveis.

• Moradores

Após se analisar essas séries de dados nas unidades espaciais do PDAD, DF e de domicílios, agora se finalizará averiguando a situação dos moradores em si do DF e como as informações pertinentes a estes podem impactar no setor da construção civil.

Antes de se entrar em aspectos socioeconômicos da população, segue abaixo uma figura com a distribuição da população no DF, bem como sua densidade populacional.

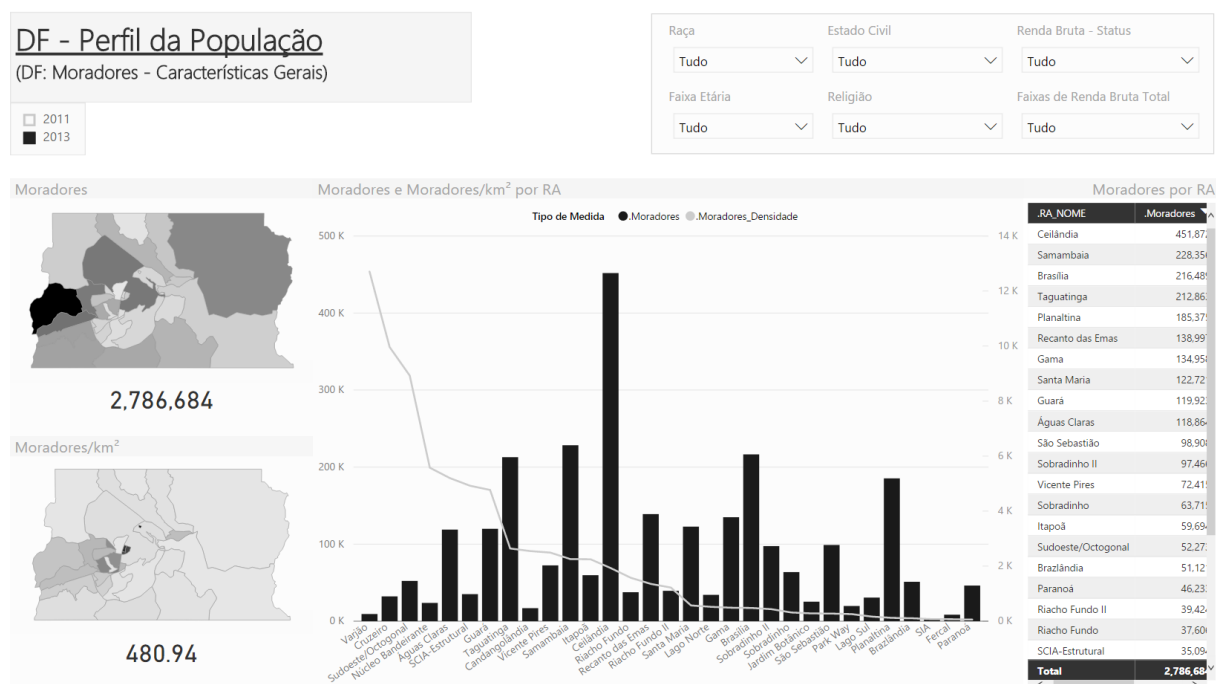


Figura 75 – Distribuição da população no DF por RA (RORIZ, 2016)

Pode-se, com a figura acima, constatar que Ceilândia, apesar de ser a RA mais populosa, é apenas a 13ª em densidade populacional, sendo a campeã neste quesito a RA do Varjão. Outras RAs bastante populosas são Samambaia, Taguatinga, Plano Piloto e Planaltina. O DF como um todo, por sua vez, possui quase 2,8 milhões de habitantes e uma densidade populacional de quase 481 hab/km² segundo dados de 2013 do PDAD. Através da distribuição populacional, então, pode-se já ter uma ideia inicial do tamanho de um possível mercado consumidor para a realização de empreendimentos em construção civil.

Ainda no tópico de aspectos gerais da situação populacional no DF, pode-se, por exemplo, analisar como a população de cada sexo se distribui em cada RA e em termos de faixa etária como visto na figura a seguir. A partir desta, então, é possível averiguar que, ainda que a população feminina seja maior que a masculina, esta diferença não é muito grande e que a pirâmide

etária do DF (que neste caso está invertida por causa de limitações do programa) possui uma base mais estreita comparada com seu tronco, caracterizando, assim, um possível declínio de natalidade que gerar uma população adulta (e possivelmente economicamente ativa) maior.

DF - Perfil da População

(DF: Moradores - Sexo e Faixas Etárias)

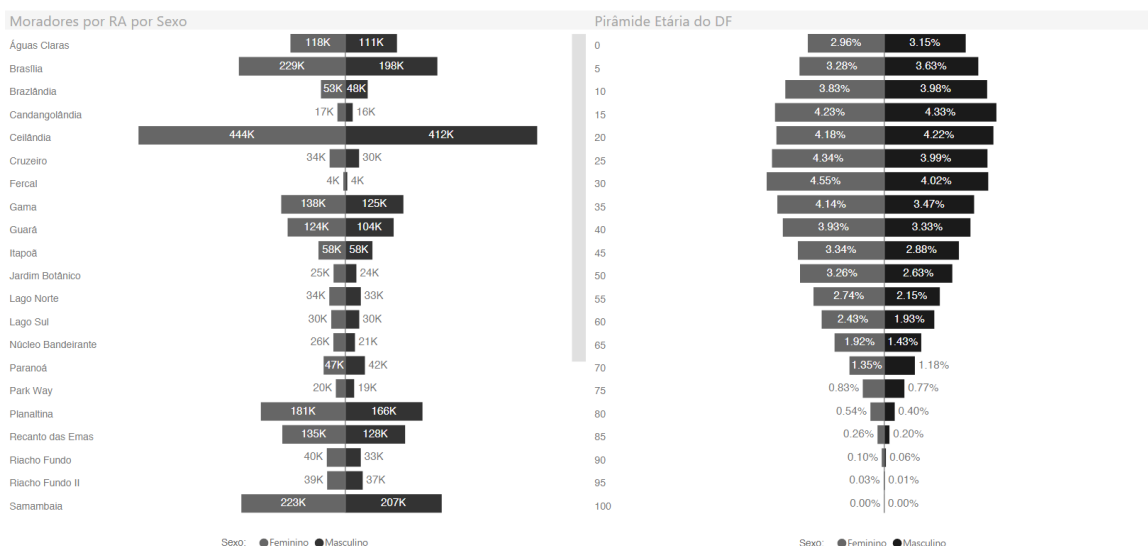


Figura 76 – Distribuição populacional de cada sexo por RA e faixa etária (RORIZ, 2016)

Feita esta caracterização populacional geral, então, é essencial analisar a questão da renda da mesma, uma vez que esta é um dos principais fatores de atratividade na venda de qualquer produto para a constituição de um mercado consumidor e o setor da construção civil não é diferente. Para tal, criou-se a seguinte *dashboard*:

DF - Perfil da População

(DF: Moradores - Renda por Ano, Sexo e RAs)

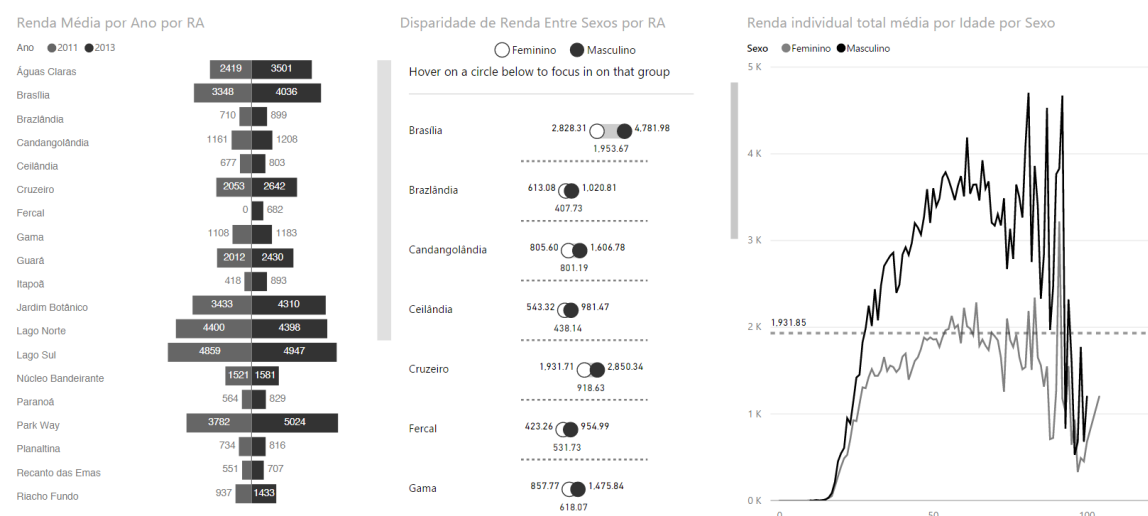


Figura 77 – Distribuição de renda por sexo, RA, ano e faixa etária (RORIZ, 2016)

Por meio da figura anterior, então, pode-se averiguar que as RAs com maior renda individual são o Sudoeste, Lagos Sul e Norte, Park Way e o Plano Piloto, sendo que o Jardim Botânico do loteamento também possui uma renda relativamente alta se comparada com as demais RAs. É possível ainda verificar que a renda média geral do DF foi de 1931 reais (em 2013), que no geral homens ganham significativamente mais que as mulheres, que o pico de renda de uma pessoa é na faixa dos 65 anos (provavelmente logo antes de se aposentar) e que é grande a disparidade de renda entre as diversas RAs do DF. Em um contexto de análise de mercado para construção civil, então, esta discrepância de poder de compra em específico pode ser bastante desafiadora durante o traçado de um plano de negócios para uma empresa.

Por fim, então, se analisará com a *dashboard* da figura abaixo a questão da dinâmica populacional do DF em termos de deslocamentos para o estudo e o trabalho, que são as duas atividades mais significativas para o deslocamento de pessoas em um contexto urbano.

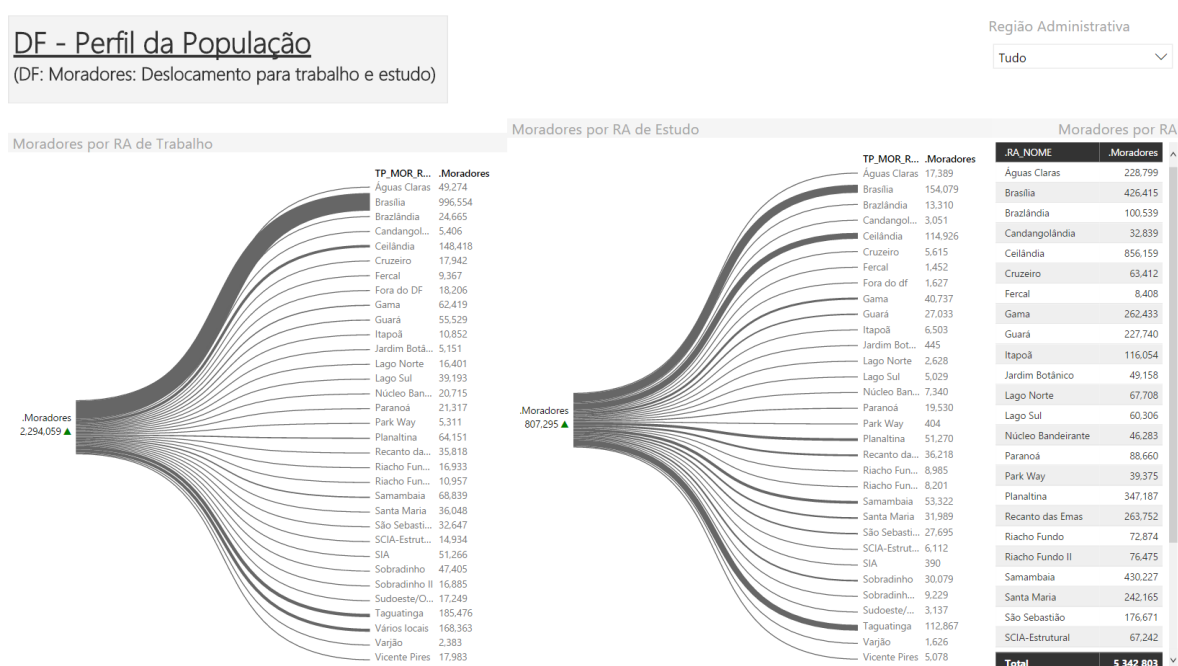


Figura 78 – RAs de deslocamento de moradores para fins de trabalho e estudo (RORIZ, 2016)

Com a figura acima, desse modo, pode-se constatar que a região do Plano Piloto é, com uma enorme vantagem, o grande polo atrativo e gerador de trabalho do DF, gerando um grande movimento pendular diário nas vias de ligação a esta região administrativa. Em termos de educação, por sua vez, o deslocamento é mais equilibrado, sendo dominado pelo Plano Piloto, Ceilândia e Taguatinga. A análise do deslocamento populacional, com isto, se trata de um vital instrumento para o planejamento urbano no dimensionamento das vias de ligação para que se atenda a demanda necessária.

5. CONCLUSÕES

5.1. CONCLUSÕES GERAIS

Com o intuito de melhorar uma imagem desfavorável de baixa desempenho quando comparado com outras indústrias historicamente, manifestado em aspectos como baixa produtividade e alto índice de retrabalho, a construção civil tem começado a adotar uma série de práticas para otimizar o fluxo de informação dentre seus diversos agentes e reduzir a geração de erros dentre os elos de sua cadeia produtiva como o uso de novas técnicas de processos de projeto e planejamento, bem como o emprego de ferramentas computacionais de suporte a eles, este último o qual é analisado por este projeto final de graduação.

Nesse quadro de mudança de paradigma, então, a metodologia proposta ilustra uma série de cenários possíveis de extração e manipulação de dados para a aquisição de informações úteis a fim de enriquecer o repertório de conhecimento dos agentes e assim facilitar sua tomada de decisões. Muitas são as possibilidades de combinação de dados e as ferramentas são inúmeras, mas infelizmente nem todos os dados publicamente disponíveis possuem a resolução espacial necessária para a decisão mais bem informada para o contexto presente.

Durante a aplicação práticas das ferramentas e processos discutidos, então, se examinou situações em duas escalas espaciais bem distintas: uma macro envolvendo o DF como um todo e uma micro analisando um loteamento. Em tais análises, então, foi possível concluir que esse loteamento não foi bem concebido, sendo que foi construído numa região com más condições de infraestrutura, com poucos recursos públicos de interesse comum em áreas como saúde, educação e segurança; tem elevados níveis de sensibilidade a erosão, alta declividade, presença de APP e não possuía adequada cobertura de hidrantes e iluminação. Já na análise global do DF, se verificou como um todo em quais RAs haveriam condições mais atrativas para o desenvolvimento de atividades do setor da construção civil em nível público ou privado segundo aspectos como população, sensibilidade a erosão, cobertura do solo, renda, deslocamentos, disponibilidade de recursos públicos e estado da infraestrutura pública.

Cada uma dessas análises foi proporcionada pela geração de diversos produtos, tais como dashboards e mapas 2D e 3D, cada um destes com diferentes aspectos positivos e negativos, tais como a elevada granularidade e robustez de análise da dashboard do Power BI que, entretanto, não possui a mesma riqueza visual do mapa 3D do InfraWorks.

Apesar de eventuais limitações dos instrumentos e processos apresentados, o futuro se mostra promissor, com muitas ferramentas e ideias inovadoras surgindo a cada dia integrando diferentes pessoas e disciplinas que antes não se comunicavam e abrindo perspectivas de crescimento e expansão do setor para abrigar melhor futuros pretendentes a seu mercado de trabalho.

5.2. DIFICULDADES

Dificuldades foram muitas na confecção desse projeto final de graduação. Cronologicamente falando, tais percalços já se apresentaram no momento da pesquisa e aquisição de dados, em que a maioria dos dados públicos disponíveis estão demasiadamente descentralizados entre diversos órgãos públicos.

Com os dados já coletados, a próxima dificuldade se apresentou na forma da baixa qualidade dos dados, frequentemente havendo lacunas e erros de preenchimento, como no caso dos dados do PDAD ou a dispersão de dados e falhas de desenho como no caso dos dados do loteamento. Tais problemas fizeram o pré-processamento e adequação dos dados se tornarem extremamente demorados, de modo a corresponderem a maior parte do tempo gasto durante a confecção deste projeto final.

Após a conclusão da preparação dos dados, então, surgiu a complexa questão da demarcação territorial do DF, que está em constante mudança e com isso dificulta a apresentação de uma consistência de unidades para a exploração de dados espaciais.

Outro aspecto que dificultou e tornou lento o projeto foi a necessidade de criar dados do início para a grande maioria dos elementos geoespaciais, para que estes então tivessem atributos trabalháveis como informação. O uso do FME Desktop para operações em ETL mitigou um pouco o problema com sua automatização de tarefas, mas em vários casos foi necessária a entrada manual dos dados, que é tediosa, demorada, sujeita a erros e nada prática como um todo. Além disso, qualquer alteração futura de algum dos elementos poderia ainda gerar um grande volume de retrabalho.

Com os dados já preparados, então, o grande volume deles se mostrou um desafio para gerenciá-los e transformá-los, levando a constantes travamentos de programas e do computador que nem sempre eram contornáveis com abordagens alternativas.

Dentre os percalços encontrados, vale ressaltar também este que é provavelmente um dos principais problemas na manipulação de dados geoespaciais, que se trata da quantidade excessiva

de formatos e padrões que não se comunicam devidamente. Neste contexto, temos ainda o fato de que o formato mais proeminente de troca de arquivos é o *shapefile* da ESRI, que neste momento se trata de uma grande relíquia histórica da computação arcaica que trava o progresso da área, através de limitações como a restrição dos cabeçalhos dos atributos a 10 caracteres, o uso de banco de dados DBase que limita o uso de caracteres ao padrão ASCII e a geração de vários arquivos auxiliares que torna o uso e gerenciamento deles desnecessariamente complicado.

Por fim, durante a escrita deste documento de projeto final, surgiu a difícil questão de traduzir os resultados de produtos como as *dashboards* e mapas 3D que são interativos e dinâmicos em uma mídia estática como a desse papel, tornando a discussão mais limitada, superficial e não representando adequadamente toda a riqueza de detalhes que a mídia de origem fornece.

5.3. OPORTUNIDADES FUTURAS

Por maior que tenha sido o escopo desse projeto, ainda maiores foram as ambições deste projeto em sua inepção a despeito dos rumos que ele tenha tomado durante sua gestação. Tendo isso em mente, então, é fácil traçar rumos novos possíveis para expandir esse projeto ao observar as tecnologias mencionadas durante a revisão bibliográfica, mas que não foram utilizadas durante a metodologia. Seria possível, então, integrar ao fluxograma aqui proposto o uso de ferramentas como o AutoCAD Civil 3D para expandir a modelagem do terreno e ruas após a exportação do traçado preliminar do Infracore, integrar o Navisworks para a criação de uma linha temporal de projeto dentro do Infracore para avaliar os impactos adjacentes durante as fases construtivas e exportar o modelo do loteamento para um software de realidade virtual ou aumentada para aumentar ainda mais a imersão da visualização do projeto.

Fora as ferramentas já debatidas, entretanto, vale destacar as possibilidades presentes na expansão dos dados do PDAD para edições futuras, possibilitando assim uma análise temporal dessas variáveis e, com isso, fazer uso de ferramentas que possibilitem a realização de extrapolações temporais dessas informações. Além do próprio PDAD, ainda seria possível também incorporar outras bases de informações públicas como o próprio censo brasileiro.

Por fim, um outro rumo que este projeto poderia tomar seria com a questão do uso de uma manipulação de dados menos *booleana* e tentar algo envolvendo algoritmos com pesos, uma vez que, na análise atual, pressupõe-se que todas as variáveis filtradas têm uma equidade de importância na tomada de decisões, que não é geralmente o caso. O uso de um algoritmo com

pesos, dessa forma, possibilitaria um “rankeamento” ao invés de uma eliminação imediata de itens analisados segundo uma dada variável estipulada.

Dessa forma, muitos são os rumos possíveis para levar esse trabalho adiante, como já foi mostrado anteriormente, mas, sem dúvida, maiores ainda serão as possibilidades a serem criadas no futuro nesta área que está em crescimento constante e está frequentemente rompendo barreiras de inovação e tecnologia para a construção de um futuro mais próspero para a construção civil.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, D.M.L.; DIAS, M.O. (2012). **Análise da Produtividade e Distribuição de Atividades com a Utilização da Técnica de Linha de Balanço. Estudo de Caso: Habitações de Interesse Social.** Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 92 p.

ANGULO, S.C. *et al.* **Metodologia de caracterização de resíduos de construção e demolição.** In: VI Seminário de Desenvolvimento Sustentável e Reciclagem na Construção Civil. IBRACON CT-206. São Paulo, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13531 – **Elaboração de projetos de edificações - Atividades técnicas.** Rio de Janeiro. 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5670 – **Seleção e contratação de serviços e obras de engenharia e arquitetura de natureza privada.** Rio de Janeiro. 1977.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5671 – **Participação dos intervenientes em serviços e obras de engenharia e arquitetura.** Rio de Janeiro. 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 12006-2 – **Construção de edificação - Organização de informação da construção Parte 2: Estrutura para classificação de informação.** Rio de Janeiro. 2010.

AZUMA, R. **A Survey of Augmented Reality. Presence: Teleoperators and Virtual Enviroments**, v.6, n.4, p. 355-385, 1997;

AZUMA, R.; BAILLOT, Y; BEHRINGER, R. FEINER, S; JULIER, S; MACINTYRE, B. **Recent Advances in Augmented Reality**, IEEE Computer Graphics and Applications 21, 6, 2001;

BARISON, M. B. ; SANTOS, E. T. . **Tendências atuais para o ensino de BIM.** Gestão & tecnologia de projetos, v. 6, p. 67-80, 2012.

BARROS, M.M.S.B. **Metodologia para implantação de Tecnologia Construtiva Racionalizada na Produção de Edifícios.** São Paulo, 1996. 422p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1996. 127

BARROS, M.M.S.B., DORNELES, V.P. **Racionalização de Métodos e Processos Construtivos: ação no plano da obra.** São Paulo, 1991. Seminário de apresentação do Programa de Pós-graduação em Engenharia, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

BARROS, M.M.S.B., MELHADO, S.B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios.** São Paulo, 1997. Apostila do curso Qualidade e produtividade na construção Civil. Programa de Pós-

Graduação em Engenharia, Departamento de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

BASU, A. **“Five pillars of prescriptive analytics success”**. Executive Edge, 2013.

BOUCHLAGHEM, D.; KIMMANCE, A. G.; ANUMBA, C. F. **Integration product and process information in the construction sector**. Industrial Management & Data systems, v. 104, n. 3, 2004. p. 218-233.doi:10.1108/02635570410525771 SCHMITT, C.M. Documentação de projetos para edificação: solução para este quebra-cabeças. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., 1993, São Paulo. Anais... São Paulo: ANTAC, 1993. v.2, p.637.

BRODLIE, K.; BRANKIN, L.; BANECKI, G. *et al.* **Grasparc – a Problem Solving Enviroment Integrating Computation and Visualization**. In Proceedings of IEEE Visualization '93, pages 102-109. IEEE Computer Society Press, 1993.

CARROZZO, M. **Build with Big Data**. Construtech, 2012. Disponível em <http://www.construtech.com/news/articles/article.aspx?article_id=9644>. Acesso em 02 jun. 2014.

CORREA, H. *et al.* **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. 5. Ed. Atlas, 2001; EMC Corp. **“Big Ideas: How Big is Big Data?”**. Youtube vídeo, 9:07, posted by “EMCCorp”, february 27, 2012, <https://www.youtube.com/watch?v=eEpxN0htRKI>;

FABRÍCIO, M. M. **Projeto simultâneo na construção de edifícios**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FLORIDI, L. **“Hyper History and Cyber War - Computerphile”**. Youtube vídeo, 5:51, posted by “Computerphile”, june 28, 2013, <https://www.youtube.com/watch?v=riT-ew7n7RU>;

FOLEY, J. D. *et al.* **“Computer Graphics: Principles and Practice in C”**. 2nd Ed. Addison Wesley, 1995.

FORMOSO, C.T.; BERNARDES, M.M.S.; OLIVEIRA, L.F.M.; OLIVEIRA, K.A. **Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. Porto Alegre: UFRGS, 1999.

GALLAHER, M. **“Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry”**, National Institute of Standards and Technology, Department of Commerce, NIST GCR 04-867, 2004.

HAMMARLUND, Y, JOSEPHSON, P. E. **Cada Erro tem seu preço**. Técnica, São Paulo, n. 1, p. 32-34, nov-dez, 1992.

HAUSER, H. **“Video of the Week: Hermann Hauser speaks about the 6th wave of computing”**. Youtube vídeo, 1:03:27, posted by “MicrosoftResearch”, abril 26, 2013, <https://www.youtube.com/watch?v=BK6TZTetCDk>

JAVVADI, L. **“Introduction to Product Lifecycle Management – White Paper”**. Mphassis, 2012.

KUSNETZKY, D. **What is “Big Data”?**. ZDNet, 16 fev. 2010. Disponível em <<http://www.zdnet.com/blog/virtualization/what-is-big-data/1708>>. Acesso em 02 jun. 2014.

LAURINDO, F. J. B. **Estudo sobre o impacto da estruturação da Tecnologia da Informação na organização e administração das empresas**. Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1995 (Dissertação de Mestrado).

LEFEVRE, C. **The Large Hadron Collider Brochure**. CERN, 2010.

MATTOS, A. D. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo: PINI, 2010.

MELHADO, S.B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. 1994. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

NASCIMENTO, L. A. ; LAURINDO, F. J. B. ; SANTOS, E. T. . **A Eficácia da TI na Indústria da Construção Civil**. In: III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção - SIBRAGEC, 2003, São Carlos - SP. Anais do III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 2003.

NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. T. **A indústria da construção na era da informação**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 69-81, jan./mar. 2003b.

NASCIMENTO, L.A. e SANTOS, E.T. **A contribuição da tecnologia da informação ao processo de projeto na construção civil**. In: Anais do Workshop A contribuição da tecnologia da informação. São Paulo, 2003;

PERALTA, A. C. **Um Modelo do Processo de Projeto de Edificações, baseado na Engenharia simultânea, em Empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte**. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2002;

PMBOK. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge**. Project Management Institute. Chapter 2 – 80p. – 1996. Disponível em <<http://www.pmi.org>>. Acesso em 02 jun. 2014.

POMERANZ, L. **Elaboração e Análise de Projetos**. São Paulo: Hucitec, 1988

REZENDE, D. A.; ABREU, A. F.; PEREIRA, R. O. **Geração de informações oportunas ou conhecimento para auxiliar nos processos decisórios empresariais das organizações que**

utilizam Tecnologia da Informação. Laptec 2000 – I Congresso de lógica aplicada à tecnologia, São Paulo, 2000.

REZENDE, Paulo E.; ANDERY, P. R. P. **A UTILIZAÇÃO DE PRINCÍPIOS DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA NO PROCESSO DE PROJETO DE PONTES E VIADUTOS.** Gestão & tecnologia de projetos, v. 4, p. 53-87, 2009.

ROZENFELD, Henrique. *et al.* **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo.** São Paulo: Saraiva, 2006.

SANTOS, E. T. **Building Information Modeling and Interoperability.** In XIII Congresso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital – SiGraDi, 2009, São Paulo. Anais do... São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2009. P. 436-438.

SCHEER, S.; MENDES JUNIOR, R.; GIANDON, A.C.; ZAMPARONI, R. **Gerenciamento Eletrônico de Documentos: uma aplicação na indústria da construção civil.** 4º. Seminário Internacional de Gestão do Conhecimento/Gestão de Documentos. ANAIS. Curitiba, agosto, 2001.

SCHIMIDT, Eric. **Techonomy Conference.** Lake Tahoe, CA. August 4th, 2010.

SCHWERDTFEGER, P. **“What is Big Data? Big Data Explained (Hadoop & MapReduce)”.** Youtube vídeo, 7:13, posted by “MicrosoftResearch”, may 7, 2013, <https://www.youtube.com/watch?v=c4BwefH5Ve8&NR;>

SILVA M. A. C.; SOUZA R.; **Gestão do processo de projeto de edificações.** São Paulo. Ed O Nome da Rosa, 2003.

WHITE, Tom. **“Hadoop: The Definitive Guide. O'Reilly Media”.** p. 3. ISBN 978-1-4493-3877-0. 2012.

WINNER R. I. *et al.* **The Role of Concurrent Engineering in Weapon Systems Acquisition.** Institute for Defense Analysis, IDA Report R-338, Alexandria, 1988.

ZUFFO, J. A.; SOARES, L. P., ZUFFO, M.K.; LOPES, R.D. **“CAVERNA Digital – Sistema de Multiprojeção Estereoscópico Baseado em Aglomerados de PC's para Aplicações Imersivas em Realidade Virtual”.** In: Proceedings of the 4th Brazilian Symposium on Virtual Reality – SVR'01. Florianopolis, SC, Brazil: SBC, 2001. 139-147.

ZUFFO, M.K.; KURASHIMA, C.S.; SANTOS, E.T.; AMORIM, A.L.; NAMIKAWA, L.M., CELANI, G.; LOPES, R.D.; SANTOS, I.H.; RAPOSO, A. **Criação, representação e visualização digitais – Tecnologias digitais de criação, representação e visualização no processo de projeto.** Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, 2012;

RORIZ, C.A.V. (2016). **Ferramentas computacionais de suporte ao projeto e planejamento na construção civil.** Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 88 p.